



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 09 770 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 C 33/10**

②1 Aktenzeichen: 198 09 770.0  
②2 Anmeldetag: 6. 3. 98  
④3 Offenlegungstag: 10. 9. 98

DE 198 09 770 A 1

③0 Unionspriorität:

9-51857	06. 03. 97	JP
9-81535	31. 03. 97	JP
9-81536	31. 03. 97	JP

⑦1 Anmelder:

NTN Corp., Osaka, JP

⑦4 Vertreter:

Patentanwälte Eder & Schieschke, 80796 München

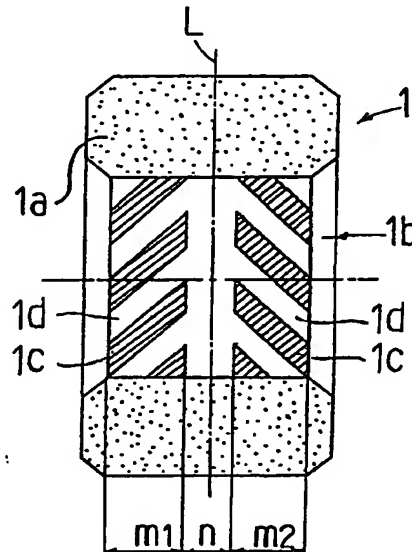
⑦2 Erfinder:

Okamura, Kazuo, Mie, JP; Yamamoto, Yasuhiro,  
Kuwana, Mie, JP; Komori, Isao, Kuwana, Mie, JP;  
Mori, Natsuhiko, Mie, JP; Shiranami, Makoto,  
Inazawa, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager

⑤7 Das poröse, ölprägnierte Lager 1 weist einen Lagerkörper 1a aus einem porösen Material auf, und Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in die Poren des Lagerkörpers 1a eingebracht wird. Die innere Umfangsfläche des Lagerkörpers 1a weist eine Lageroberfläche 1b auf, die einer äußeren Umfangsfläche einer zu tragenden Welle gegenüberliegt, wobei zwischen ihnen ein Lagerspiel definiert ist. Die Lageroberfläche 1b besitzt einen ersten Bereich m1, in dem eine Vielzahl von Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich m2, der von dem ersten Bereich m1 axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich n, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 befindet.



DE 198 09 770 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager in einem Lagerkörper aus einer porösen Substanz, wie z. B. Sintermetall, das mit Schmieröl oder Schmierfett imprägniert ist, so daß eine Selbstschmierfunktion gegeben ist, wobei eine Gleitfläche einer Welle berührungsfrei durch einen Schmierfilm getragen wird, der in einem Lagerspiel aufgrund der hydrodynamischen Funktion von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in einer Lageroberfläche erzeugt wird. Das Lager nach der Erfindung ist insbesondere zur Verwendung in Maschinen und Instrumenten geeignet, bei welchen eine hohe Drehgenauigkeit bei hoher Drehzahl erforderlich ist, wie z. B. Spindelmotoren für den polygonalen Spiegel eines Laserdruckers (LD), Magnetplattenlaufwerke (HDDs) o. ä., und in Maschinen und Instrumenten, die mit hoher Drehzahl bei ungleich verteilter Last arbeiten, welche durch eine daraufangebrachte Platte bzw. Diskette erzeugt wird, wie z. B. Spindelmotoren für DVD-ROM o. a.

Bei derartigen kleinen Spindelmotoren, die mit Vorrichtungen zur Handhabung von Informationen in Zusammenhang stehen, sind eine verbesserte Drehleistung und die Reduzierung von Kosten notwendig; hierfür wurde die Möglichkeit untersucht, als Lager für die Spindel statt einem Wälzlager ein poröses, ölprägniertes Lager zu verwenden. Da jedoch ein poröses, ölprägniertes Lager eine Art von zylindrischem Lager ist, entstehen bei ihm leicht instabile Vibrationen, wenn die Exzentrizität der Welle klein ist, wodurch eine Unwucht erzeugt wird, bei der die Welle einer Umlaufvibration bei einer Geschwindigkeit, die der Hälfte der Rotationsgeschwindigkeit entspricht, ausgesetzt ist. Dementsprechend wurde bisher versucht, Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, wie z. B. Pfeilverzahnungsnuten oder Spiralnuten, in einer Lageroberfläche zu bilden, um durch die Funktion der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, die bei der Rotation der Welle auftritt, einen Schmierfilm in einem Lagerspiel zu erzeugen und damit die Welle berührungsfrei zu tragen (hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager).

Ein poröses, ölprägniertes Lager mit Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in einer Lageroberfläche ist in der japanischen Gebrauchsmusterveröffentlichung Kokoku Shouwa 63-19627 offenbart. Bei diesem Stand der Technik wird ein Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in der Lageroberfläche bearbeitet, um Öffnungen in der Oberfläche zu verschließen. Eine derartige Konstruktion hat jedoch folgenden Nachteil: Da die Öffnungen in der Oberfläche in dem Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks vollständig verschlossen sind, wird die Zirkulation des Öls, die das wichtigste Merkmal des porösen, ölprägnierten Lagers darstellt, verhindert. Deshalb wird das Öl, das in das Lagerspiel ausgeschieden wurde, durch die Wirkung der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in die gebogenen Bereiche des Nutenbereichs gedrückt und bleibt dort. In dem Lagerspiel wird eine große Scherwirkung erzeugt, und diese Scherwirkung sowie Reibungswärme führen dazu, daß das in dem Nutenbereich verbleibende Öl denaturiert wird, während ein Temperaturanstieg meist eine oxidative Verschlechterung des Öls beschleunigt. Hierdurch wird die Lebensdauer des Lagers verkürzt. Andererseits wurde neben der plastischen Bearbeitung Beschichten o. ä. als Weiteres Mittel für eine Oberflächenbehandlung vorgeschlagen; hierbei muß jedoch die Dicke eines derartigen Beschichtungsfilms geringer sein als die Tiefe der Nut, und es ist sehr schwierig, einen Beschichtungsfilm mit einer Dicke von einigen µm nur auf den Nutenbereich aufzubringen.

Um die Drehgenauigkeit der Welle zu gewährleisten, werden gewöhnlich mehrere Lager, z. B. zwei Lager, verwendet. Außerdem werden Lager meistens durch Eindringen in ein Gehäuse verwendet. Um also zu gewährleisten, daß die beiden Lager im Wesentlichen miteinander fluchten, wurde ein Verfahren angewendet, bei dem zwei Lager gleichzeitig in das Gehäuse gedrückt werden, nachdem ein Korrekturstift in das Gehäuse eingesetzt wurde. Im Fall eines Lagers, bei dem in der Lageroberfläche Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind, führt eine gewaltsame Korrektur unter Verwendung des Korrekturstifts dazu, daß der Korrekturstift in die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in der Lageroberfläche schneidet und damit die Nuten beschädigt, wodurch es unmöglich wird, eine stabile hydrodynamische Wirkung zu erzielen. Andererseits wird durch eine Preßpassung ohne Verwendung des Korrekturstifts nicht die notwendige Ausrichtung der Lager erreicht. Die japanische Patentveröffentlichung Kokai Heisei 2-107705 offenbart eine Anordnung, bei der zwei Lageroberflächen axial voneinander beabstandet ausgebildet sind und bei der ein Bereich zwischen den Lageroberflächen einen größeren Durchmesser hat als die Lageroberflächen. Obwohl bei dieser Anordnung in der Praxis die obengenannten Probleme nicht auftreten, kann sie die instabilen Vibrationen, wie z. B. Unwuchten, aufgrund des Mangels an Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in den Lageroberflächen nicht verhindern.

Was ein Verfahren zur Bildung von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in Lageroberflächen betrifft, so ist hier eines bekannt, bei dem in eine innere Umfangsfläche eines Lagerrohlings eine wellenartige Bohr- bzw. Fräsvorrichtung eingesetzt wird, die eine Vielzahl von entlang des Umfangs gleichmäßig beabstandeten Kugeln hält, welche härter sind als der Lagerrohling, worauf dann die Kugeln durch die Rotation und den Vorlauf der Bohrvorrichtung in eine spiralförmige Bewegung versetzt werden, wobei die Kugeln gegen die innere Umfangsfläche des Rohlings gedrückt werden, wodurch ein Bereich von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks plastisch bearbeitet wird (Japanisches Patent 2541208). Bei diesem Verfahren baucht sich der Rohling während der Herstellung in einem Bereich nahe den Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aus, und eine solche Ausbauchung muß beispielsweise durch Drehen oder Reiben entfernt werden (Japanisches Patent Kokai Heisei 8-232958). Aus diesem Grund erhöht sich die Anzahl der Herstellungsschritte. Darüber hinaus werden ein Antriebsmechanismus und ein Vorlaufmechanismus für die Bohrvorrichtung benötigt, wodurch die Herstellungsausrüstung kompliziert wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine angemessene Zirkulation von Öl zwischen dem Inneren des Lagerkörpers und dem Lagerspiel sicherzustellen, um die Verschlechterung des Öls in dem Lagerspiel zu unterdrücken, wodurch die Lebensdauer des Lagers verlängert wird, und die Wirkung der Bildung eines Schmierfilms in dem Lagerspiel zu verbessern, wodurch die Stabilität des Lagers erhöht und die Abweichung der Welle aufgrund einer ungleich verteilten Last o. ä. auf ein Minimum beschränkt wird.

Darüber hinaus liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zu schaffen, die instabile Vibrationen, wie z. B. eine Unwucht, verhindern kann und die Nachteile, die mit dem Einbau zusammenhängen (wie z. B. den Verlust der Form der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks oder mangelnde axiale Ausrichtung) beseitigen kann.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Herstellungsverfahren zu schaffen, das die Bildung einer

Lageroberfläche mit schrägen Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks vereinfacht, unter Verwendung einfacher Hilfsmittel und in weniger Arbeitsschritten, aber mit hoher Genauigkeit.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, schafft die Erfindung ein hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager, mit einem porösen Lagerkörper, der an einer inneren Umfangsfläche eine Lageroberfläche aufweist, und Öl, das in Poren des Lagerkörpers durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett eingebracht wird, wobei die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich, der von dem ersten Bereich axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet. Die Lageroberfläche des Lagerkörpers liegt einer äußeren Umfangsfläche einer zu tragenden Welle gegenüber, wobei ein Lagerspiel zwischen ihnen definiert wird. Tritt eine relative Rotation zwischen dem Lagerkörper und der Welle auf, so führen die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, die jeweils umgekehrt in dem ersten und dem zweiten Bereich der Lageroberfläche angeordnet sind, dazu, daß das Öl in dem Lagerspiel zu dem ringförmigen glatten Bereich gezogen wird und sich dort ansammelt, so daß der Öldruck in dem glatten Bereich steigt. Aus diesem Grund ist die Wirkung der Bildung des Schmierfilms hoch. Da in dem glatten Bereich keine Nut ausgebildet ist, ist außerdem die Stabilität des Lagers im Vergleich zu der Konstruktion, bei der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks axial verlaufen, hoch. Daher kann die Abweichung der Welle auf ein Minimum beschränkt werden. Darüber hinaus ist es möglich, zu verhindern, daß der Schmierfilm aufgrund von Variationen der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche ungleich verteilt wird. Der Begriff "Oberflächenöffnungen" bezeichnet die Bereiche von Poren eines porösen Körpers, die sich zu einer Außenfläche des Körpers hin öffnen.

Bei der vorliegenden Erfindung sind die Oberflächenöffnungen in dem gesamten Bereich der Lageroberfläche vorhanden, einschließlich des Bereichs, in dem die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind.

Der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in dem glatten Bereich der Lageroberfläche ist vorzugsweise kleiner als der des ersten und des zweiten Bereichs. Der Begriff "Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen" bezeichnet die Proportion der Gesamtfläche der Oberflächenöffnungen in einer Einheitsfläche der Außenfläche. Infolgedessen kann die Kapazität des erzeugten Schmierfilms erhöht werden, da das Öl, das durch die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in dem glatten Bereich zusammengebracht wird, kaum durch die Oberflächenöffnungen in dem glatten Bereich in das Innere des Lagerkörpers entweichen kann. Da eine äußere Umfangsfläche der Welle hauptsächlich durch den Schmierfilm, der durch das in dem ringförmigen glatten Bereich angesammelte Öl gebildet wird, berührungsfrei gehalten wird, ist die Stabilität des Lagers groß.

Der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen liegt für den ersten und den zweiten Bereich im Bereich von 5–30%, vorzugsweise 5–20%, und für den glatten Bereich im Bereich von 2–20%, vorzugsweise 2–15%. Bei einem Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen von weniger als 5% im ersten und zweiten Bereich nimmt die Menge an Öl ab, das vom Inneren des Lagerkörpers dem Lagerspiel

zuzuführen ist, was zu einer ungenügenden Bildung eines Schmierfilms führt. Übersteigt er umgekehrt einen Wert von 30%, so wird die Menge an Öl, die in das Innere des Lagerkörpers entweicht, übermäßig groß, was zu einer ungenügenden Bildung von Schmierfilmen auf dem glatten Bereich führt. Wenn darüber hinaus der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in dem glatten Bereich unter 2% liegt, wird die Herstellung des Lagers schwierig, was zu einer Kostensteigerung führt. Liegt er umgekehrt über 20%, so wird die Menge an Öl, die in das Innere des Lagerkörpers entweicht, übermäßig groß, was zu einer ungenügenden Bildung eines Schmierfilms führt.

Um die Wirkung der Bildung eines Schmierfilms auf dem glatten Bereich zu verbessern, ist es zu bevorzugen, daß die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in dem ersten Bereich und die in dem zweiten Bereich in Bezug auf den axialen mittigen Bereich der Lageroberfläche symmetrisch sind.

Beim Beginn oder Stoppen der Rotation kommt die äußere Umfangsfläche der Welle sofort mit der Lageroberfläche des Lagers in Berührung. Zu diesem Zeitpunkt kommen sie am axialen Endbereich der Lageroberfläche in Kontakt. Deshalb wird durch Verjüngen der axial gegenüberliegenden Seiten der Lageroberfläche – so daß der Innendurchmesser in Richtung der Lagerenden zunimmt (sh. Fig. 7) – die Fläche ihres Kontakts vergrößert, wenn die Vorrichtung gestartet oder gestoppt wird, so daß der berührungsfreie Zustand sofort hergestellt werden kann. Der erste und der zweite Bereich können insgesamt verjüngt sein, oder (den Lagerenden entsprechende) Teilbereiche jedes der ersten und zweiten Bereiche können verjüngt sein. Darüber hinaus liegt der Bereich der Lageroberfläche abgesehen von der kegelförmigen Fläche parallel zu der Achse.

In diesem Fall ist das Verhältnis eines Zuwachses  $\Delta c$  des Innendurchmessers vom glatten Bereich zum Ende des Lagers zum Wellendurchmesser  $D$   $\Delta c/D = 1/3000 - 1/200$ , vorzugsweise  $\Delta c/D = 1/3000 - 1/500$ . Ist der Wert  $\Delta c/D$  niedriger als  $1/3000$ , so ist der sich hieraus ergebende Kegel zu klein, um einen sofortigen Kontakt zu verhindern; ist der Wert  $\Delta c/D$  größer als  $1/200$ , so ist der hieraus resultierende Kegel zu groß, um einen nützlichen hydrodynamischen Effekt zu schaffen.

Es ist möglich, eine Anordnung zu schaffen, bestehend aus einem porösen Lagerkörper, der auf einer inneren Umfangsfläche eine Vielzahl axial voneinander beabstandeter Lageroberflächen aufweist, wobei zumindest eine aus der Vielzahl von Lageroberflächen schräge Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks besitzt, und wobei der Innendurchmesser des Bereichs zwischen den Lageroberflächen größer ist als der der Lageroberflächen, und aus Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in die Poren des Lagerkörpers eingebracht wird. Eine derartige Bildung einer Vielzahl von Lageroberflächen in einem einzigen Lager löst das Problem der axialen Ausrichtung, das auftritt, wenn mehrere Lager vereinigt werden, wie beim Stand der Technik. Insbesondere ist es, da mehrere Lageroberflächen in einem einzigen Lager ausgebildet sind, nicht notwendig, einen Korrekturstift zu verwenden, um eine axiale Ausrichtung zu erhalten, wie beim Stand der Technik, und der Verlust der Form der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufgrund der Verwendung eines derartigen Korrekturstifts tritt selbstverständlich auch nicht auf. Die Bildung von schrägen Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in mindestens einer Lageroberfläche verhindert wirksam instabile Vibrationen, wie z. B. eine Unwucht.

Dadurch, daß in der Grenze zwischen der Lageroberfläche und dem Bereich zwischen den Lageroberflächen ein

Niveaunterschied vorgesehen ist, ist es möglich, den Drehmomentverlust in dem Bereich zwischen den Lageroberflächen wirksam zu reduzieren.

Wenn der axiale Abschnitt des Bereichs zwischen den Lageroberflächen mit einer Kurve gezeichnet wird, die in die Lageroberflächen übergeht, fließt Öl, das aus den Oberflächenöffnungen in dem Bereich zwischen den Lageroberflächen austritt, axial entlang eines derartigen Bereichs, wodurch es einfacher ist, das Öl der Lageroberfläche zuzuführen – eine Tatsache, die eine effektive Verwendung von Öl und eine verbesserte Bildung eines Ölfilms bedeutet.

Der axiale Abschnitt des Bereichs zwischen den Lageroberflächen kann mit einem Bogen gezeichnet werden, der in der Mitte des Bereichs am größten ist. Das Öl, das aus den Oberflächenöffnungen in dem Bereich ausgetreten ist, kann den Lageroberflächen auf den gegenüberliegenden Seiten leicht zugeführt werden.

Der Außendurchmesser eines äußeren Bereichs des Lagerkörpers, der mindestens einer Lageroberfläche entspricht, ist kleiner ausgelegt als der Außendurchmesser eines äußeren Bereichs des Lagerkörpers, der dem Bereich zwischen den Lageroberflächen entspricht; hierdurch kann, wenn der Lagerkörper durch Preßpassung in einem Gehäuse angeordnet wird, eine Verformung der Lageroberflächen unter dem Druck der Preßpassung verhindert oder reduziert werden.

Die Lageroberfläche mit schrägen Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks kann mit einem Verfahren hergestellt werden, das folgende Schritte umfaßt: Einsetzen eines Formgebungsmusters in eine innere Umfangsfläche eines zylindrischen, porösen Rohlings, wobei das Formgebungsmuster einen ersten Formbereich zum Formen eines Bereichs von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und einen zweiten Formbereich zum Formen der anderen Bereiche in dem Lager aufweist, Ausüben eines Kompaktierungsdrucks auf den porösen Rohling, um die innere Umfangsfläche des porösen Rohlings gegen das Formgebungsmuster zu drücken, wodurch gleichzeitig der Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche auf der inneren Umfangsfläche des porösen Rohlings geformt wird. Eine Alternative dazu besteht darin, das Formgebungsmuster in einer Preßform anzuordnen, Pulvermetallmaterial zwischen das Formgebungsmuster und die Preßform zu füllen, und einen Kompaktierungsdruck auf das Pulvermetallmaterial auszuüben, um einen zylindrischen, Preßkörper zu formen, während gleichzeitig der Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche auf der inneren Umfangsfläche des Preßkörpers geformt wird. Das Lösen des Formgebungsmusters kann erfolgen, indem das Zurückfedern des porösen Rohlings aufgrund des Nachlassens des Kompaktierungsdrucks genützt wird, bzw. das Zurückfedern des Preßkörpers aufgrund des Nachlassens des Kompaktierungsdrucks.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand in der Zeichnung dargestellter Ausführungsformen näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers;

Fig. 2 einen Längsschnitt, der schematisch einen Motor mit dem hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lager der Ausführungsform darstellt;

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Fließens von Öl in axialem Schnitt, wenn eine Welle durch das hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager berührungsfrei gehalten wird;

Fig. 4 einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnier-

ten Lagers als Vergleich;

Fig. 5 eine graphische Darstellung der Ergebnisse von Vergleichstests über die Abweichung der Welle, wenn die Vorrichtungen der Ausführungsformen und die Vergleichsvorrichtung verwendet werden (bei kleiner ungleich verteilter Last);

Fig. 6 eine graphische Darstellung der Ergebnisse von Vergleichstests über die Abweichung der Welle, wenn die Vorrichtungen der Ausführungsformen und die Vergleichsvorrichtung verwendet werden (bei großer ungleich verteilter Last);

Fig. 7 einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers;

Fig. 8 eine graphische Darstellung der Ergebnisse von Vergleichstests über den Zustand der Ölfilmbildung am Anfang der Rotation, wenn die Vorrichtung der Ausführungsform und die Vergleichsvorrichtung verwendet werden;

Fig. 9 einen vergrößerten Teilschnitt durch das hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager;

Fig. 10 einen Längsschnitt, der schematisch darstellt, wie das Öl verspritzt wird, wenn eine Welle durch das hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager berührungsfrei gehalten wird;

Fig. 11 einen Längsschnitt durch einen Rohling aus Sintermetall, der bei einer Ausführungsform des Herstellungsverfahrens zu verwenden ist;

Fig. 12A einen Längsschnitt, der die Umrisse einer Formvorrichtung zum Formen einer Lageroberfläche zeigt;

Fig. 12B eine Seitenansicht einer Preßform zum Formen einer Lageroberfläche;

Fig. 13–15 Darstellungen der Arbeitsschritte zum Formen einer Lageroberfläche;

Fig. 16 eine graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen dem inneren Spielraum und der äußeren Überlapung sowie der Größe des Zurückfederns;

Fig. 17 eine graphische Darstellung der Ergebnisse von Vergleichstests über die Abweichung der Welle, wenn ein zylindrisches Lager und ein hydrodynamisches, poröses, ölimprägniertes Lager, das durch das Herstellungsverfahren der Ausführungsform hergestellt wurde, verwendet werden;

Fig. 18 einen Längsschnitt, der eine Testvorrichtung für die Vergleichstests gemäß Fig. 17 schematisch darstellt;

Fig. 19 einen Längsschnitt durch eine Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers mit einer Vielzahl von Lageroberflächen;

Fig. 20 eine schematische Darstellung des Fließens von Öl in axialem Schnitt, wenn eine Welle durch das hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager gemäß Fig. 19 berührungsfrei gehalten wird;

Fig. 21 eine graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen dem Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche und der kinematischen Viskosität von Öl;

Fig. 22 und 24 graphische Darstellungen der Ergebnisse von Auswertungstests über die Abweichung der Welle; und

Fig. 23 einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers mit einer Vielzahl von Lageroberflächen.

Fig. 1 zeigt als Beispiel eine Ausführungsform eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers. Dieses hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager 1 wird beispielsweise in Verbindung mit einem Scanner- oder Schrittmotor für einen Laserdrucker (Fig. 2) verwendet, um eine Spindelwelle 2 berührungsfrei zu tragen, welche in Bezug auf ein Gehäuse 4 rotiert, wobei die Rotation der Spindelwelle 2 mit hoher Drehzahl durch die Kraft magnetischer Erregung zwischen einem Rotor 3 und einem Stator erfolgt.

Das poröse, ölprägnierte Lager 1 weist einen Lagerkörper 1a aus einem porösen Material, z. B. einem Sintermetall mit Kupfer oder Eisen oder beidem als Hauptbestandteil auf, sowie Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in die Poren des Lagerkörpers 1a eingebracht ist. Der Lagerkörper enthält vorzugsweise 20–95 Gew.-% Kupfer und hat eine Dichte von 6,4–7,2 g/cm<sup>3</sup>.

Die innere Umfangsfläche des Lagerkörpers 1a weist eine Lageroberfläche 1b auf, die einer äußeren Umfangsfläche einer zu tragenden Welle gegenüberliegt, wobei ein Lagerspiel zwischen ihnen definiert wird, und wobei die Lageroberfläche 1b schräge Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist. Die Lageroberfläche 1b weist bei dieser Ausführungsform einen ersten Bereich m1 auf, in dem eine Vielzahl von Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich m2, der von dem ersten Bereich m1 axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich n, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 befindet. Die Rippen 1d (die Bereiche zwischen den Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks) des ersten Bereichs m1 und die Rippen 1d (die Bereiche zwischen den Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks) des zweiten Bereichs m2 gehen in den glatten Bereich n über. Die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks des ersten Bereichs m1 und die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks des zweiten Bereichs m2 sind symmetrisch bezüglich der axialen Mittellinie L der Lageroberfläche 1b. Die Lageroberfläche 1b besitzt Oberflächenöffnungen, die über den gesamten Bereich verteilt sind, einschließlich des Bereichs, an dem die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind, so daß das Öl zwischen dem Inneren des Lagerkörpers 1a und dem Lagerspiel durch die Oberflächenöffnungen des Lagerkörpers 1a einschließlich der Lageroberfläche 1b zirkuliert, um die äußere Umfangsfläche der Welle bezüglich der Lageroberfläche 1b berührungsfrei zu halten. Hierbei ist es ratsam, daß der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in dem glatten Bereich n dem des ersten und zweiten Bereichs m1 und m2 entspricht oder kleiner ist als dieser.

Tritt eine relative Rotation zwischen dem Lagerkörper 1a und der Welle auf, so ziehen die umgekehrt ausgerichteten, schrägen Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, die in dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 angeordnet sind, das Öl in dem Lagerspiel zu dem glatten Bereich n, so daß sich das Öl in dem glatten Bereich n ansammelt; daher steigt der Ölfilmdruck in dem glatten Bereich n. Die Wirkung der Bildung des Schmierfilms ist also hoch. Außerdem bieten nicht nur die Rippen 1d, sondern auch der glatte Bereich n eine Tragfläche zum Tragen der Welle; die Tragfläche wird damit vergrößert, und die Stabilität des Lagers ist groß. Das Verhältnis r der axialen Breite des glatten Bereichs n zur Lagerbreite liegt, wenn für letztere der Wert 1 angenommen wird, vorzugsweise im Bereich von r = 0,1–0,6; vorteilhafter wäre ein Wert r = 0,2–0,4. Ist r kleiner als 0,1 in Bezug auf einen Wert 1 der Lagerbreite, so stellt sich die Wirkung, die durch das Vorsehen des glatten Bereichs n erzielt werden kann (verbesserte hydrodynamische Wirkung und erhöhte Lagersteifigkeit), nicht ein; bei einem Wert von mehr als 0,6 in Bezug auf einen Wert 1 der Lagerbreite nehmen die Bereiche, an denen die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind, ab, so daß weniger Kraft erzeugt wird, die das Öl in den axialen

mittigen Bereich drängt, womit die hydrodynamische Wirkung nicht entwickelt werden kann. Die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks sind darüber hinaus beispielsweise in Form von Pfeilverzahnungsnuten dargestellt; sie können jedoch auch jegliche andere Form haben, so lange sie bezüglich der Achse schräg sind. Sie können beispielsweise auch spiralförmig sein.

Fig. 3 zeigt im axialen Schnitt, wie Öl 0 fließt, wenn die Welle 2 durch das poröse, ölprägnierte Lager 1 der obengenannten Konstruktion gehalten wird. Bei der Rotation der Welle 2 tritt das in den Poren des Lagerkörpers 1a enthaltene Öl 0 aus den axial gegenüberliegenden Seiten der Lageroberfläche 1b (und den Schrägen bzw. Kanten) in das Lagerspiel aus und wird durch die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks zur axialen Mitte des Lagerspiels gezogen. Der Druck des Schmierfilms in dem Lagerspiel wird durch einen derartigen Vorgang des Ziehens des Öls 0 (der hydrodynamischen Wirkung) erhöht. Der Schmierfilm, der in dem Lagerspiel gebildet wird, trägt die Welle 2 bezüglich der Lageroberfläche 1b berührungsfrei, ohne daß hierbei instabile Vibrationen, wie z. B. eine Unwucht, erzeugt werden. Das austretende Öl 0, das in das Lagerspiel fließt, fließt unter dem Druck, der während der Rotation der Welle 2 erzeugt wird, durch die Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche 1b wieder in den Lagerkörper zurück, zirkuliert dann im Inneren des Lagerkörpers 1a und tritt erneut aus und fließt durch die Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche 1b (und den Schrägen bzw. Kanten) in das Lagerspiel.

Da eine gleichmäßige Verteilung der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche schwierig ist, liegen in der Lageroberfläche generell große und kleine Oberflächenöffnungen vor. Deshalb ist die Menge an Öl, die in das Innere des Lagerkörpers zurückkehrt, von Stelle zu Stelle verschieden. Infolgedessen bilden sich an der Stelle, an der Öl leicht austritt, kaum Ölfilme, während sich an der Stelle, an der kaum Öl austritt, Ölfilme leicht bilden, was dazu führt, daß der Ölfilm im Lagerspiel nicht gleichmäßig verteilt ist, wodurch es manchmal unmöglich ist, einen stabilisierten hydrodynamischen Effekt zu erzielen. In diesem Zusammenhang ist auszuführen, daß das poröse, ölprägnierte Lager 1 dieser Ausführungsform den ringförmigen glatten Bereich n zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 besitzt, und daß in dem glatten Bereich n die gleichmäßige Verteilung der Oberflächenöffnungen besser zu steuern ist. Außerdem herrscht im ersten und im zweiten Bereich m1 und m2 der Ölfluß in Richtung der Nuten vor, während in dem glatten Bereich n ein Ölfluß entlang des Umfangs vorliegt, so daß selbst bei großen Oberflächenöffnungen fortlaufend Öl zugeführt wird und damit die Geschwindigkeit, mit der die Ölfilmbildung abnimmt, viel niedriger ist.

Das hydrodynamische, poröse, ölprägnierte Lager 11 gemäß Fig. 4 besitzt eine Lageroberfläche 11b, die sich in ihrer Form von der Lageroberfläche 1b der obengenannten Ausführungsform unterscheidet. Die Lageroberfläche 11b weist einen ersten Bereich auf, in dem eine Vielzahl von Nuten 11c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, sowie einen zweiten Bereich, der axial in den ersten Bereich übergeht und in dem eine Vielzahl von Nuten 11c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind. Die Oberflächenöffnungen sind auf den gesamten Bereich der Lageroberfläche 11b einschließlich der Bereiche der Nuten 11c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks verteilt. In einem Fall, bei dem nur eine geringe ungleiche Lastverteilung eines drehbaren Körpers vor-

liegt, so daß die Lagersteifigkeit nicht als wichtige Lagereigenschaft erforderlich ist, ist eine Lageroberfläche, die axial ineinander übergehende Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist, wie die obige Lageroberfläche 11b, den Umständen entsprechend zu bevorzugen.

Verschiedene Testlager wurden in einen kleinen Spindelmotor gemäß Fig. 2 eingebaut und in Bezug auf die Abweichung der Welle geprüft. Die Ergebnisse sind in Fig. 5 und 6 dargestellt. Fig. 5 zeigt die Ergebnisse, die erzielt werden, wenn fast keine ungleich verteilte Last angelegt wird (ungleich verteilte Last: 50mg · cm oder weniger), und Fig. 6 zeigt die Ergebnisse, die erzielt werden, wenn eine große ungleich verteilte Last angelegt wird (ungleich verteilte Last: 1g · cm). Was die Testlager betrifft, so wurden die Vorrichtungen A(■) und B(O) der Ausführungsform in der Anordnung gemäß Fig. 1, C(▲) in der Anordnung gemäß Fig. 4 und ein zylindrisches Lager (ein poröses, ölprägniertes Lager, das in seiner Lageroberfläche keine Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist: ●) verwendet. Die Spezifikationen der Testlager sind nachfolgend angegeben. Die Größe des zylindrischen Lagers (●), die Größe des Lagerspiels und andere Spezifikationen, die nicht die Form der Lageroberfläche betreffen, entsprechen denen der Vorrichtungen der Ausführungsform.

#### [Vorrichtung A der Ausführungsform: ■]

Größe: Innendurchmesser Ø3× Außendurchmesser Ø6× Breite 3 mm.  
Lagerspiel: 4 µm,  
Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche: 20%.

#### Spezifikationen der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks

Tiefe der Nuten: 3 µm,  
Anzahl der Nuten: 8 im ersten Bereich, 8 im zweiten Bereich  
Neigungswinkel der Nuten: 20 Grad,  
Verhältnis der Nutenbreite zur Rippenbreite: 1,  
Breite der Lageroberfläche: 2,4mm (mit 0,3mm Kanten bzw. Schrägen an beiden Seiten),  
Breite des ersten und des zweiten Bereichs: 0,9mm,  
Breite des glatten Bereichs: 0,6mm.

#### [Vorrichtung B der Ausführungsform: O]

Größe: Innendurchmesser Ø3× Außendurchmesser Ø6× Breite 3 mm.  
Lagerspiel: 4 µm,  
Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche: 20% für den ersten und den zweiten Bereich, 10% für den glatten Bereich.

#### Spezifikationen der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks

Tiefe der Nuten: 3 µm,  
Anzahl der Nuten: 8 im ersten Bereich, 8 im zweiten Bereich,  
Neigungswinkel der Nuten: 20 Grad,  
Verhältnis der Nutenbreite zur Rippenbreite: 1,  
Breite der Lageroberfläche: 2,4mm (mit 0,3mm Kanten bzw. Schrägen an beiden Seiten),  
Breite des ersten und des zweiten Bereichs: 0,9mm,  
Breite des glatten Bereichs: 0,6mm.

#### [Vorrichtung C der Ausführungsform: ▲]

Größe: Innendurchmesser Ø3× Außendurchmesser Ø6× Breite 3 mm.

5 Lagerspiel: 4 µm,  
Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche: 20%.

#### Spezifikationen der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks

10 Tiefe der Nuten: 3 µm,  
Anzahl der Nuten: 8,  
Neigungswinkel der Nuten: 20 Grad,  
15 Verhältnis der Nutenbreite zur Rippenbreite: 1,  
Breite der Lageroberfläche: 2,4mm (mit 0,3mm Kanten bzw. Schrägen an beiden Seiten).

Die Vorrichtung C der Ausführungsform (▲) erzeugte eine geringere Abweichung der Welle als das zylindrische Lager (●), jedoch eine größere Abweichung als die Vorrichtungen A, B der Ausführungsform (■, O); insbesondere im Bereich einer größeren ungleichmäßig verteilten Last und höherer Umdrehungszahl pro Minute nahm die Abweichung der Welle stark zu. Bei den Vorrichtungen A, B der Ausführungsform (■, O) trat unabhängig von der Größe der ungleich verteilten Last eine geringere Abweichung der Welle auf; insbesondere im Bereich einer größeren Umdrehungszahl pro Minute ergab sich nur eine leichte Zunahme der Abweichung der Welle. Folglich können die Vorrichtungen A, B der Ausführungsform (■, O) eine Abweichung der Welle nicht nur bei den Vorrichtungen auf ein Minimum beschränken, die einer geringen ungleich verteilten Last ausgesetzt sind, wie z. B. Laserdrucker-Motoren, sondern auch bei Vorrichtungen, die einer hohen ungleich verteilten Last ausgesetzt sind, wie z. B. DVD-ROM-Motoren, wenn eine Platte darin befestigt wird.

Dann wurden, wie in Fig. 7 dargestellt, ein Lager (eine Vorrichtung (2) der Ausführungsform), bei dem die axial entgegengesetzten Seiten der Lageroberfläche 1b verjüngt sind, so daß der Innendurchmesser zu den Enden des Lagers hin größer wird, und das zylindrische Lager (1) getestet, um die Frequenz des Kontakts mit der Welle auf der Basis des Prozentsatzes der Ölfilmbildung zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Fig. 8 dargestellt. Die Drehzahl der Welle betrug 6.000 U/min.

Bei dem zylindrischen Lager (1) war die Frequenz des Kontakts mit der Welle hoch, da dessen Prozentsatz der Ölfilmbildung bei Beginn der Rotation gering war. Der Grund dafür besteht darin, daß unmittelbar nach dem Beginn der Rotation das Öl im Lagerspiel nicht reichlich vorhanden ist und die Welle eine Präzession erfährt (schwingt), so daß die Welle und das Lager an den Seiten der Lageroberfläche mit den Kanten aneinanderstoßen und damit einen Kontakt bewirken. Im Gegensatz dazu ergab sich bei der Vorrichtung (2) der Ausführungsform nach Beginn der Rotation kein Kontakt mit der Welle; statt dessen bildete sich sofort ein Ölfilm. Der Grund hierfür liegt darin, daß ein Anstoßen mit den Kanten zwischen der Welle und dem Lager vermieden wird, da die axial entgegengesetzten Seiten der Lageroberfläche 1b verjüngt sind.

Darüber hinaus gibt es einen optimalen Bereich für das Verhältnis zwischen der Tiefe der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und dem radialen Lagerspiel; außerhalb dieses Bereichs verringert sich die hydrodynamische Wirkung beträchtlich. Wenn der Wert c/h im Bereich von 0,5–5,0 liegt (sh. Fig. 9), so kann ein hohes Maß an Drehgenauigkeit aufrechterhalten werden, durch das in der Praxis keine Probleme entstehen.



Obwohl poröse, ölimprägnierte Lager gewöhnlich ohne Zufuhr von Öl verwendet werden, kann ein allmählicher Verbrauch oder ein Entweichen des im Inneren befindlichen Öls aufgrund des Verspritzens und Verdampfens des Öls nicht vermieden werden. Wenn das Öl verbraucht ist, verringert sich der Bereich der Ölfilmbildung, was zu einer Verminderung der Drehgenauigkeit führt. Wie z. B. zur Abweichung der Welle. Im Besonderen wird eine Welle oft in vertikaler Position verwendet, wie in Fig. 10 dargestellt, und im Fall eines Laserdrucker-Motors, der mit einer hohen Drehzahl von 10.000 U/min arbeitet, neigt das im Inneren des Lagers enthaltene Öl unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft dazu, auszuströmen, so daß eine entsprechende Leistung, wie z. B. die Bildung von Ölfilmen, bisher schwer aufrechtzuerhalten war. Im Fall von LDs und HDDs hat ein unterbrochener Ölfilm äußerst negative Auswirkungen auf die Aufrechterhaltung einer hohen Drehgenauigkeit. Im Fall eines einzelnen porösen, ölimprägnierten Lagers zirkuliert, besonders wenn die Welle mit hoher Drehzahl rotiert, das Öl, das die umgebende Luft aufnimmt, in dem Lager, was manchmal dazu führt, daß die Luft in das Lagerspiel eintritt. Ein wirksames Mittel, um dieses Eintreten von Luft zu verhindern, besteht darin, ein Ölrückführelement in engem Kontakt mit dem Lagerkörper anzuordnen, um Öl von dem Ölrückführelement rückzuführen, sobald auch nur sehr wenige leere Poren entstehen. Die Anordnung eines Ölrückführelements hat nicht nur den Effekt einer verlängerten Lebensdauer, sondern auch den Effekt, daß ein Ölfilm erhalten bleibt, der notwendig ist, um eine hohe Drehgenauigkeit aufrechtzuerhalten. Das Ölrückführelement, das in engem Kontakt mit dem Lagerkörper verwendet wird, kann, wie bekannt, in Form eines porösen Körpers vorliegen, beispielsweise aus Metall oder Harz, oder als Fasermaterial, wie z. B. mit Öl getränkter Filz; vorzugsweise wird jedoch eine feste Schmierstruktur verwendet, die die Eigenschaft hat, bei Temperaturen von mindestens 20°C das im Inneren enthaltene Öl nach und nach fortlaufend an die Oberfläche auszuscheiden. Es ist zu empfehlen, beispielsweise eine feste Harz-Schmier-Struktur zu verwenden, die erzeugt wird durch Schmelzen einer Mischung aus Schmieröl oder Schmierfett und Polyethylenpulver mit ultrahohem Molekulargewicht und Abkühlen der Schmelze, um diese erstarrten zu lassen. Diese feste Harz-Schmier-Struktur scheidet das enthaltene Öl bei Temperaturen nicht unter Raumtemperatur kontinuierlich aus, wodurch es möglich ist, dem Lager ununterbrochen Öl zuzuführen. Außerdem kann diese feste Harz-Schmier-Struktur mit geringem Kostenaufwand in Massenproduktion hergestellt werden und ist leicht zu handhaben.

Wenn also eine feste Harz-Schmier-Struktur, die allmählich fortwährend Öl an die Oberfläche ausscheidet, selbst wenn sie bei Temperaturen nicht unter Raumtemperatur einfach stehengelassen wird, in engem Kontakt mit der Oberfläche des Lagers angeordnet wird, wird selbst dann, wenn das Öl in dem Lager abfließt, durch die Kapillarwirkung, die in den Poren des Lagerkörpers auftritt, wieder Öl in das Innere des Lagers zurückgeführt, so daß immer ein zufriedenstellender hydrodynamischer Ölfilm gebildet werden kann. Diese feste Harz-Schmier-Struktur kann durch das nachfolgend erläuterte Verfahren hergestellt werden.

Man erhält sie beispielsweise durch gleichmäßiges Mischen einer vorherbestimmten Menge an Schmierfett oder Schmieröl mit einer vorherbestimmten Menge an Polyolefinpulver mit ultrahohem Molekulargewicht, durch Eingießen der Mischung in eine Preßform von vorherbestimmter Form, durch Schmelzen der Mischung bei einer Temperatur, die nicht unter der Geliertemperatur des Polyolefinpulvers mit ultrahohem Molekulargewicht und – wenn Schmierfett

verwendet wird – nicht über dem Tropfpunkt des Schmierfetts liegt, und durch Abkühlen der Mischung bei normaler Temperatur. Das Polyolefinpulver mit ultrahohem Molekulargewicht kann ein Pulver aus Polyethylen, Polypropylen oder Polybuten oder ein Copolymer derselben sein, oder eine Mischung aus diesen Pulvern, wobei das Molekulargewicht jedes Pulvers so ausgewählt wird, daß das durchschnittliche Molekulargewicht, das durch das Viskositätsverfahren gemessen wird, bei  $1 \times 10^6$ – $5 \times 10^6$  liegt. Polyolefine, die innerhalb dieses Bereiches des durchschnittlichen Molekulargewichts liegen, sind Polyolefinen mit niedrigem Molekulargewicht darin überlegen, daß sie fester sind und das Öl besser halten, und daß sie selbst bei einer Erwärmung auf hohe Temperaturen kaum fließen. Die Proportion eines derartigen Polyolefins mit ultrahohem Molekulargewicht in der Schmierstruktur beträgt 95–1 Gew.-%, und die Menge hängt vom gewünschten Grad der Ölabscheidung und von der Zähigkeit und Härte der Struktur ab. Je größer daher die Menge an Polyolefin mit ultrahohem Molekulargewicht ist, desto höher ist die Härte des Gels nach der Dispersion bei einer vorherbestimmten Temperatur.

Darüber hinaus besteht für das bei dieser Erfindung verwendete Schmierfett keine besondere Einschränkung; es kann ein seifenverdicktes oder nicht seifenverdicktes Schmierfett sein (Beispiele für ein derartiges Schmierfett sind Lithiumseifen-Diester-, Lithiumseifen-Mineralöl-, Natriumseifen-Mineralöl-, Aluminiumseifen-Mineralöl-, Lithiumseifen-Diester-Mineralöl-, seifenloses Diester-, seifenloses Mineralöl-, seifenloses Polyolester- und Lithiumseifen-Polyolester-Schmierfett). Für das Schmieröl besteht ebensowenig eine besondere Einschränkung; Beispiele hierfür sind Diester-, Mineralöl-, Diester-Mineralöl-, Polyolester- und Polyolefin-Schmieröl. Außerdem ist das Basisöl des Schmierfetts oder des Schmieröls vorzugsweise das gleiche Schmieröl wie das, mit dem das poröse, ölimprägnierte Lager ursprünglich imprägniert wurde; es kann sich jedoch mehr oder weniger davon unterscheiden, solange die Schmiereigenschaften nicht beeinträchtigt werden.

Obwohl die Schmelzpunkte der obengenannten Polyolefine mit ultrahohem Molekulargewicht nicht konstant sind, da sie je nach ihrem jeweiligen durchschnittlichen Molekulargewicht variieren, hat beispielsweise ein Polyolefin mit einem durchschnittlichen Molekulargewicht von  $2 \times 10^6$ , gemessen durch das Viskositätsverfahren, einen Schmelzpunkt von 136°C. Was ein kommerziell erhältliches Polyolefin mit dem gleichen durchschnittlichen Molekulargewicht betrifft, so existiert hier Mipelon (eingetragene Marke) XM-220, hergestellt durch die Fa. Mitsui Petrochemical Industries, Ltd., u.ä.

Wenn daher ein Polyolefin mit ultrahohem Molekulargewicht in dem obengenannten Schmierfett oder Schmieröl dispergiert und darin gehalten werden soll, werden die Materialien nach dem Mischen auf eine Temperatur nicht unter der Geliertemperatur des Polyolefins mit ultrahohem Molekulargewicht erwärmt, und im Fall der Verwendung von Schmierfett auf eine Temperatur, die niedriger ist als dessen Tropfpunkt, z. B. 150–200°C.

Eine derartige Lagervorrichtung findet ein breites Anwendungsgebiet, beispielsweise in verschiedenen Motoren, einschließlich Laserdruckermotoren mit polygonalen Spiegeln, Spindelmotoren für Magnetplattenlaufwerke, DVD-ROM-Motoren und Motoren für Axialventilatoren, Lüfter, elektrische Lüfter und andere elektrische Geräte, Teile für die KFZ-Elektrik, etc., wobei ihre Haltbarkeit durch hydrodynamisches Tragen der Welle enorm verbessert werden kann.

Der Lagerkörper 1a des in Fig. 1 dargestellten porösen, ölimprägnierten Lagers 1 kann hergestellt werden, indem

ein metallisches Pulvermaterial, das Kupfer oder Eisen oder beides als Hauptbestandteil enthält, verpreßt wird, indem es gesintert wird, um einen in Fig. 11 dargestellten zylindrischen Sintermetallrohling 13 zu erhalten, und indem der Rohling folgenden Behandlungen unterzogen wird: Formpressen Rotations-Formpressen Formen der Lageroberfläche.

Das Formpressen ist ein Verfahren, mit dem die äußere und die innere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 geformt werden, und das durchgeführt wird, indem die äußere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 durch Preßpassung in eine zylindrische Preßform eingebracht wird und gleichzeitig ein Formpreßstift durch Preßpassung in die innere Umfangsfläche eingebracht wird. Das Rotations-Formpressen ist ein Vorgang, bei dem ein polygonaler Formpreßstift durch Preßpassung in die innere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 eingebracht wird, worauf dann die innere Umfangsfläche geformt wird, während der Formpreßstift rotiert. Das Verfahren zum Formen der Lageroberfläche ist ein Vorgang, bei dem ein Formgebungsmuster, das eine der Lageroberfläche 1b eines fertigen Produkts 1a entsprechende Form hat, gegen die innere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 gedrückt wird, der dem Formpreßverfahren unterzogen wird, um gleichzeitig einen Bereich der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und die anderen Bereiche (Rippen 1d und ringförmiger Bereich n) in der Lageroberfläche 1b zu formen. Dieser Vorgang läuft beispielsweise so ab, wie es nachfolgend beschrieben ist.

Fig. 12A zeigt als Beispiel die Umriss einer Konstruktion einer Formgebungsmaschine, die für den Vorgang des Formens der Lageroberfläche verwendet wird. Diese Vorrichtung weist eine zylindrische Preßform 20 auf, in die die äußere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 durch Preßpassung einzubringen ist, einen stabförmigen Kern 21 zum Formen der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13, sowie einen Ober- und einen Unterstempel 22 und 23 zum Halten der oberen und unteren Endflächen des Sintermetallrohlings 13. Wie in Fig. 12B dargestellt, weist die äußere Umfangsfläche des stabförmigen Kerns 21 ein Formgebungsmuster 21a in konkav-konvexer Form auf, das der Form der Lageroberfläche 1b eines fertigen Produkts entspricht. Der konvexe Bereich 21a1 des Formgebungsmusters 21a dient dazu, den Bereich der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in der Lageroberfläche 1b zu formen, während der konkave Bereich 21a2 dazu dient, den anderen Bereich als den Bereich der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in der Lageroberfläche 1b zu formen (nämlich die Rippen 1d und den ringförmigen glatten Bereich n). Der Niveauunterschied (Tiefe H, beispielsweise 2–5 µm) zwischen dem konvexen und dem konkaven Bereich 21a1 und 21a2 des Formgebungsmusters 21a ist genauso tief wie die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks in der Lageroberfläche 1b; in der Figur ist er jedoch übertrieben dargestellt.

Bevor der Sintermetallrohling 13 durch Preßpassung in die Preßform 20 eingebracht wird, existiert ein innerer Spielraum T zwischen der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 und dem Formgebungsmuster 21a des stabförmigen Kerns 21 (basierend auf dem konvexen Bereich 21a1). Die Größe (diametraler Wert) des inneren Spielraums T beträgt beispielsweise 50 µm. Das Toleranzfeld für die Preßpassung (äußere Überlappung U: diametraler Wert) für die äußere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 in Bezug auf die Preßform 20 beträgt beispielsweise 150 µm.

Nachdem der Sintermetallrohling 13 auf der Preßform 20 mit dieser fluchtend angeordnet worden ist, wie in Fig. 13

dargestellt, werden der Oberstempel 22 und der stabförmige Kern 21 gesenkt, um den Sintermetallrohling 13 durch Preßpassung in die Preßform 20 einzubringen und ihn gegen den Unterstempel 23 zu drücken, so daß dieser einen Druck von oben und von unten erfährt.

Der Sintermetallrohling 13 erfährt von der Preßform 20 und von den Ober- und Unterstempeln 22, 23 einen Kompaktierungsdruck und wird hierdurch verformt, wobei dessen innere Umfangsfläche gegen das Formgebungsmuster 21a des stabförmigen Kerns 21 gedrückt wird. Die Größe der Kompression der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 entspricht etwa dem Unterschied zwischen der äußeren Überlappung U und dem inneren Spielraum T, und der Oberflächenschichtbereich des Sintermetallrohlings 13, der sich von der inneren Umfangsfläche bis zu einer vorherbestimmten Tiefe erstreckt, erfährt durch das Formgebungsmuster 21a des stabförmigen Kerns einen Druck, wodurch ein plastisches Fließen erzeugt wird, das in das Formgebungsmuster 21a schneidet. Hierdurch wird die Form des Formgebungsmusters 21a auf die innere Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 übertragen, wodurch die Lageroberfläche 1b in die Form gebracht wird, die in Fig. 1 dargestellt ist.

Nachdem das Formen der Lageroberfläche 1b abgeschlossen ist, wie in Fig. 14 dargestellt, werden bei in den Sintermetallrohling 13 eingesetztem stabförmigen Kern 21 der Unterstempel 23 und der stabförmige Kern 21 angehoben (der Zustand gemäß Fig. 14 (2)), und der Sintermetallrohling 13 wird aus der Preßform 20 herausgezogen (der Zustand gemäß Fig. 14 (3)). Wenn der Sintermetallrohling 13 aus der Preßform 20 herausgezogen wird, tritt ein Zurückfedern der Größe Q in dem Sintermetallrohling 13 auf, das den Innendurchmesser desselben vergrößert (sh. Fig. 15), so daß der stabförmige Kern 21 aus der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 herausgezogen werden kann, ohne daß die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks brechen (der Zustand gemäß Fig. 14 (4)). Hierdurch wird der Lagerkörper 1a vervollständigt.

Fig. 16 zeigt das Verhältnis zwischen dem inneren Spielraum T und dem äußeren Überlappen U und der Größe des Zurückfederns Q, wenn der Vorgang zum Formen der Lageroberfläche bei einem Sintermetallrohling mit einem Innendurchmesser von Ø3, einem Außendurchmesser von Ø6 und einer Breite von 3mm durchgeführt wurde. Wie aus dieser Figur ersichtlich, besteht eine bestimmte Wechselbeziehung zwischen dem inneren Spielraum T und dem äußeren Überlappen U und der Größe des Zurückfederns Q, was bedeutet, daß bei festgesetztem innerem Spielraum T und äußerem Überlappen U auch die Größe des Zurückfederns Q festgesetzt ist. In Experimenten wurde herausgefunden, daß der Sintermetallrohling 13 bei einer vorherbestimmten Nutentiefe H (2–3 µm) ohne Brechen der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks von dem stabförmigen Kern 21 abgezogen werden kann, wenn die Größe des Zurückfederns Q auf einen Wert von 4–5 µm (diametraler Wert) festgesetzt wird; deshalb ist es ratsam, den inneren Spielraum T und die äußere Überlappung U so festzulegen, daß ein Zurückfedern in dieser Größenordnung ermöglicht wird. Außerdem kann, wenn die Größe des radialen Zurückfederns Q des Sintermetallrohlings 13 größer ist als die Tiefe H der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, das Formgebungsmuster 21a gelöst werden, ohne mit der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohlings 13 störend in Kontakt zu kommen. Wenn jedoch die Größe des radialen Zurückfederns Q des Sintermetallrohlings 13 kleiner ist als die Tiefe H der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, und das Formgebungsmuster 21a mehr oder weniger störend in die innere Umfangsfläche des Sin-



termetallrohrlings 13 eingreift, so kann es ausreichen, wenn das Formgebungsmuster 21a von der inneren Umfangsfläche des Sintermetallrohrlings 13 gelöst werden kann, ohne daß die Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks brechen, wobei eine Vergrößerung des Durchmessers (radiale Größe) des Sintermetallrohrlings 13 aufgrund der Elastizität des Materials des Sintermetallrohrlings 13 hinzurechnen ist.

Außerdem kann, nachdem der Vorgang zum Formen der Lageroberfläche 1b abgeschlossen worden ist, ein Formpressen der Lageroberfläche 1b unter Verwendung eines gewöhnlichen Formpreßstifts (mit kreisförmigem Querschnitt) erfolgen. In diesem Fall werden die Rippen 1d und der glatte Bereich n in der Lageroberfläche 1b durch den Formpreßstift geformt, wodurch der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in deren Bereich niedriger wird als der des Bereichs der Nuten 1c zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks. Es kann auch ein Formgebungsverfahren für die Lageroberfläche angewandt werden, bei dem nur der Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks durch das Formgebungsmuster geformt und dann der andere Bereich in der Lageroberfläche einer Behandlung durch Preßformen oder Rotations-Preßformen unterzogen wird.

Der Lagerkörper 1a wird durch die oben beschriebenen Verfahren hergestellt und mit Schmieröl oder Schmierfett imprägniert, so daß er Öl aufnimmt, wodurch das hydrodynamische, poröse, ölimprägnierte Lager 1 in der Form gemäß Fig. 1 vollständig ist.

Vergleichstests über die Abweichung der Welle wurden unter Verwendung eines zylindrischen Lagers (eines porösen, ölimprägnierten Lagers, bei dem in der Lageroberfläche keine Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet waren) und unter Verwendung hydrodynamischer, poröser, ölimprägnierter Lager, die durch das vorgenannte Verfahren hergestellt wurden, durchgeführt. Die Tests wurden durch Einsetzen von Testlagern in CD-ROM-Motoren gemäß Fig. 18 durchgeführt, in die eine kommerziell erhältliche CD eingesetzt wurde, und die Abweichung der Welle in Abhängigkeit der Drehzahl wurde gemessen. Die Ergebnisse sind in Fig. 17 dargestellt. Aus dieser Figur wird ersichtlich, daß im Vergleich zu dem zylindrischen Lager die hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lager der Ausführungsform eine Abweichung der Welle wirksam unterdrücken.

Bei der obigen Ausführungsform wurde das Formgebungsverfahren für die Lageroberfläche auf den Sintermetallrohrling 13 angewandt; es kann jedoch auch im Rahmen eines Kompaktierungsvorgangs für Pulvermetallmaterial durchgeführt werden. Dieser Kompaktierungsvorgang ist ein Verfahren, bei dem ein Formgebungsstift in eine Preßform eingebracht wird, das Pulvermetallmaterial zwischen den Formgebungsstift und die Preßform gefüllt wird und ein Kompaktierungsdruck auf das Pulvermetallmaterial ausgeübt wird, um dieses in eine zylindrische Form zu bringen. Bei diesem Kompaktierungsvorgang ist es möglich, eine Lageroberfläche gemäß Fig. 1 gleichzeitig mit dem Kompaktieren eines Preßkörpers zu formen, indem auf der äußeren Umfangsfläche des Formgebungsstifts ein Formgebungsmuster angeordnet wird, wie in Fig. 12B dargestellt. Darüber hinaus kann der Preßkörper nach dem Kompaktieren unter Ausnützung des Zurückfederns des Preßkörpers aufgrund des nachlassenden Kompaktierungsdrucks von dem Formgebungsstift gelöst werden, ohne daß hier die Möglichkeit besteht, daß die Lageroberfläche ihre Form verliert. Der Preßkörper wird gesintert und dann durch Preßformen, Imprägnieren mit Öl, etc. fertiggestellt.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß es nur notwendig ist, daß der Lagerkörper porös ist; er ist also nicht

auf das Sintermetall beschränkt, sondern kann beispielsweise auch ein durch Schäumen erzeugter poröser Körper sein. Als Rohlinge hierfür können Gußeisen, Syntheschwarz, Keramik u.ä. verwendet werden. Außerdem wurde bei der obigen Ausführungsform das Zurückfedern des geformten Körpers ausgenützt, um das Formgebungsmuster zu lösen; das Formgebungsmuster kann jedoch auch so konstruiert sein, daß sein Durchmesser elastisch verringert werden kann. Damit kann nach dem Formen der Lageroberfläche der Durchmesser des Formgebungsmusters elastisch verringert werden, damit dieses von dem geformten Erzeugnis gelöst werden kann. Außerdem kann beim Formen der Lageroberfläche 11b gemäß Fig. 4 das Formgebungsmuster so geformt sein, daß es der Form der Lageroberfläche 11b entspricht.

Fig. 19 zeigt den Zustand, in dem ein hydrodynamisches, poröses, ölimprägniertes Lager 1' mit einer Vielzahl von Lageroberflächen 1b' an einem Gehäuse 5 befestigt ist. Das poröse, ölimprägnierte Lager 1' weist einen porösen Körper, z. B. einen Lagerkörper 1a' aus Sintermetall mit Kupfer oder Eisen oder beidem als Hauptbestandteil auf, sowie Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in die Poren des Lagerkörpers 1a' eingebracht ist.

Die innere Umfangsfläche des Lagerkörpers 1a' weist mehrere, beispielsweise zwei, axial voneinander beabstandete Lageroberflächen 1b' auf, die einer äußeren Umfangsfläche einer zu tragenden Welle gegenüberliegen, wobei jede der beiden Lageroberflächen 1b' eine Vielzahl von entlang des Umfangs angeordneten Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist. Analog zur der Anordnung in Fig. 4 haben die Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks bei dieser Ausführungsform eine V-förmige kontinuierliche Form mit einem Paar von Nutenbereichen, wobei die Nuten in einem Bereich in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind und die Nuten in dem anderen Bereich in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind. Die Oberflächenöffnungen sind auf beide Bereiche der Nuten 1c' und der Rippen 1e' in den Lageroberflächen 1b' verteilt. Hierbei ist anzumerken, daß es ausreicht, die Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks zumindest in einer der Lageroberflächen 1b' auszubilden.

Der Bereich 1d' zwischen den Lageroberflächen 1b' des Lagerkörpers 1a' hat einen Innendurchmesser D1, der größer ist als der Innendurchmesser D2 der Lageroberflächen 1b' [strenggenommen, der Innendurchmesser des Bereichs der Rippen 1e' (entsprechend 1d in Fig. 9) zwischen den Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks]. Bei dieser Ausführungsform ist der axiale Abschnitt des Bereichs 1d' durch einen einzigen Bogen beschrieben, der in die Lageroberflächen 1b' übergeht, wobei sich der Bereich des Bogens mit dem größten Durchmesser in der axialen Mitte des Bereichs 1d' befindet. Außerdem können Niveauunterschiede an den Grenzen zwischen dem Bereich 1d' und den Lageroberflächen 1b' vorliegen. Darüber hinaus kann der axiale Abschnitt des Bereichs 1d' auch durch andere Kurven als einem Bogen beschrieben sein, wie z. B. durch eine Ellipse, eine Parabel, etc. Er kann beschrieben sein durch eine Kombination zweier gleicher Kurven (beispielsweise zweier Bögen), eine Kombination zweier unähnlicher Kurven (beispielsweise eines Bogens und einer Parabel) oder einer Kombination einer Kurve und einer Geraden. Der Bereich größten Durchmessers des Bereichs 1d' kann zu der Seite abweichen, die einer Lageroberfläche 1b' zugeordnet ist.

Darüber hinaus ist bei dieser Ausführungsform der Außendurchmesser D3 der äußeren Bereiche 1f', die den beiden Lageroberflächen 1b' entsprechen, kleiner als der Außen-

durchmesser D4 des äußeren Bereichs 1g', der dem Bereich 1d' zwischen den Lageroberflächen 1b' in dem Lagerkörper 1a' entspricht. Wenn das poröse, ölprägnierte Lager 1' durch Preßpassung in dem Innenumfang eines Gehäuses befestigt wird, wie dies in der Figur dargestellt ist, kann eine Verformung der Lageroberflächen 1b' aufgrund der Kraft der Befestigung verhindert oder abgeschwächt werden, so daß ein beträchtliches Maß an Genauigkeit erzielt werden kann. Die Befestigungskraft kann durch das Überlappen bzw. das Toleranzfeld des äußeren Bereichs 1g' und des Gehäuses 5 erzielt werden. Der Bereich 1d' hat einen größeren Durchmesser als die Lageroberflächen 1b' und trägt nicht dazu bei, die Welle zu tragen; selbst wenn also eine Verformung in einer der Befestigungskraft entsprechenden Größenordnung stattfindet, hat dies keinen Einfluß auf die Genauigkeit des Lagers. Der Unterschied zwischen dem Außendurchmesser D3 der äußeren Bereiche 1f' und dem Außendurchmesser D4 des äußeren Bereichs 1g' (der Unterschied vor der Befestigung durch Preßpassung) ist so bestimmt, daß unter Berücksichtigung des Überlappens mit dem Gehäuse 5 (dem Überlappen des äußeren Bereichs 1g') der äußere Bereich 1f' nicht den Innenumfang des Gehäuses 5 berührt oder ein Überlappen bzw. Eingreifen in einer Größenordnung bewirkt, die die Genauigkeit des Lagers nicht beeinflußt. Außerdem kann der Außendurchmesser nur eines der beiden äußeren Bereiche 1f' in der oben beschriebenen Art und Weise festgelegt sein.

Fig. 20 zeigt den Ölfluß in axialem Schnitt, wenn die Welle 2 von dem porösen, ölprägnierten Lager 1, getragen wird, das in der oben beschriebenen Weise angeordnet ist. Bei der Rotation der Welle 2 tritt das im Lagerkörper 1a' enthaltene Öl 0 aus den axial gegenüberliegenden Seiten jeder Lageroberfläche 1b' in das Lagerspiel aus und wird dann durch die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks zur axialen Mitte des Lagerspiels gezogen. Der Vorgang des Ziehens des Öls 0 (hydrodynamische Wirkung) erhöht den Druck des Schmierfilms in dem Lagerspiel, so daß ein Schmierfilm gebildet wird. Der Schmierfilm, der in dem Lagerspiel gebildet wird, trägt die Welle 2 bezüglich der Lageroberfläche 1b' berührungsfrei, ohne daß hierbei instabile Vibrationen, wie z. B. eine Unwucht, erzeugt werden. Das in das Lagerspiel austretende Öl 0 fließt unter dem Druck, der während der Rotation der Welle 2 erzeugt wird, durch die Oberflächenöffnungen in den Lageroberflächen 1b' wieder in das Innere des Lagerkörpers 1a' zurück, zirkuliert im Inneren des Lagerkörpers 1a' und tritt erneut durch die Lageroberflächen 1b' in das Lagerspiel aus. Auf diese Weise trägt durch den hydrodynamischen Effekt das in dem Lagerkörper 1a' enthaltene Öl 0 die Welle 2 fortwährend berührungsfrei, während es zwischen dem Lagerspiel und dem Lagerkörper 1a' zirkuliert.

Da dieses poröse, ölprägnierte Lager 1' die Welle 2 durch die beiden axial voneinander beabstandeten Lageroberflächen 1b' berührungsfrei trägt, kann die Welle 2 durch ein Lager zuverlässig getragen werden. Außerdem entsteht durch das Ziehen, das durch die Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks hervorgerufen wird, ein negativer Druck in dem Raum, der zwischen dem Bereich 1d' zwischen den Lageroberflächen 1b' und der äußeren Umfangsfläche der Welle 2 definiert ist, und das Öl tritt auch aus den Oberflächenöffnungen in dem Bereich 1d' aus und wird den Lageroberflächen 1b' zugeführt, wodurch die Schmierfilmbildung in dem Lagerspiel verbessert und die Stabilität des Lagers erhöht wird. Insbesondere in dem Fall, in dem der axiale Abschnitt des Bereichs 1d' durch einen Bogen (oder eine andere Kurve) beschrieben ist, der in die Lageroberflächen 1b' übergeht, wie bei dieser Ausführungsform, fließt das aus den Oberflächenöffnungen in dem Bereich 1d' aus-

tretende Öl 0 axial entlang des Bereichs 1d', bis es den Lageroberflächen 1b' wirksam zugeführt wird – eine Tatsache, die eine effektive Verwendung von Öl und eine verbesserte Bildung eines Ölfilms bedeutet.

Um eine derartige Ölzirkulation zufriedenstellend aufrechtzuerhalten, sollten die Oberflächenöffnungen im Wesentlichen gleichmäßig sowohl auf die Bereiche der Nuten 1c' zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks als auch auf die Rippen 1e' in den Lageroberflächen 1b' verteilt sein. Wenn die Proportion der Oberflächenöffnungen (der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen) in der Oberfläche kleiner wird, wird das Öl weniger beweglich; umgekehrt wird das Öl beweglicher, wenn sie größer wird. Darüber hinaus steht die Viskosität von Öl mit der Beweglichkeit des Öls in Zusammenhang, so daß bei geringer Viskosität die Beweglichkeit groß ist und bei hoher Viskosität klein.

Wenn der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen hoch und die Viskosität gering ist, wird das Öl äußerst beweglich, doch das in das Lagerspiel abgegebene Öl wird durch die Wirkung der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks leicht in das Innere des Lagerkörpers zurückgeleitet, wodurch der hydrodynamische Effekt verringert wird. Wenn umgekehrt der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen niedrig und die Viskosität hoch ist, wird das Öl äußerst unbeweglich, so daß eine angemessene Zirkulation des Öls verhindert und die Verschlechterung des Öls beschleunigt wird, obwohl der Druck des Schmierfilms zunimmt.

Es gibt also einen optimalen Bereich zwischen dem Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen und der Viskosität des Öls, der die Bildung des zum berührungsfreien Tragen der Welle notwendigen Schmierfilms und auch eine angemessene Zirkulation des Öls sicherstellt.

Um Aufschluß über diesen optimalen Bereich zu erhalten, wurden Tests zur Auswertung unter Verwendung von Laserdrucker-Motoren durchgeführt. Die bei diesen Tests zur Auswertung verwendeten LD-Motoren hatten einen Wellendurchmesser von und waren mit einem Spiegel ausgerüstet, wobei die Drehzahl 10.000 U/min und die Umgebungstemperatur 40°C war. Die Testergebnisse sind in Fig. 21 dargestellt. In dieser Figur zeigt das Zeichen "O", daß in der Dauerprüfung bei 1.000 Stunden langem durchgehenden Betrieb keine Probleme auftraten. Das Zeichen "Δ" zeigt, daß zwischen 500 Stunden und 1.000 Stunden Probleme auftraten, wie z. B. eine ansteigende Wellenabweichung (5 µm und mehr), zunehmendes Drehmoment = abnehmende Umdrehungszahl pro Minute (die U/min konnten nicht auf 10.000 ansteigen), und der Ausstoß abnormaler Geräusche, und daß ein normaler Betrieb unmöglich war. Das Zeichen "X" zeigt, daß derartige Probleme innerhalb von 500–1.000 Stunden auftraten.

Aus den obigen Tests zur Auswertung wird ersichtlich, daß der optimale Bereich für den Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen und die Ölviskosität (der Bereich, an dem kein Zeichen "X" ist) der Bereich ist, der in Fig. 21 von durchgezogenen Linien umgeben ist, d. h. der Bereich, der folgenden Bedingungen entspricht:

- Der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche einschließlich des Bereichs der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ist nicht niedriger als 2% und nicht höher als 20%;
- Die kinematische Viskosität des enthaltenen Öls bei 40°C liegt nicht unter 2 cSt;
- Der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in der Lageroberfläche und die kinematische Viskosität des Öls bei 40°C stehen im Verhältnis

$$(3/5) A - 1 \leq \eta \leq (40/6) A + (20/3),$$

wobei

A der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen (in %) und  
 $\eta$  die kinematische Viskosität des Öls bei 40°C (in cSt) ist.

Die Auswahl der Werte für den Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen und die Viskosität des Öls innerhalb eines derartigen Bereichs gewährleistet die Erzeugung eines ausreichenden Schmierfilms, um die Welle berührungsfrei zu tragen, sowie eine angemessene Zirkulation des Öls, wodurch es möglich wird, eine hochgenaue Rotation und eine lange Lebensdauer zu erzielen.

Für das Verhältnis der Tiefe h der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks zur Größe des Lagerspiels (radiales Spiel: c) existiert ein optimaler Bereich, und man geht davon aus, daß außerhalb dieses Bereichs ein ausreichender hydrodynamischer Effekt nicht erzielt werden kann. Um Aufschluß über diesen optimalen Bereich zu erhalten, wurden Tests zur Auswertung durchgeführt, bei welchen die Welle des LD-Motors durch eine längere Welle ersetzt wurde, um eine Messung der Abweichung der Welle zu ermöglichen. Die Drehzahl betrug 10.000 U/min und die Testatmosphäre bei dem Test lag bei normalen Temperaturen und normaler Feuchtigkeit; der LD-Motor hatte Ø4 und war nicht mit einem Spiegel ausgerüstet. Außerdem wurde die Abweichung der Welle mit einem kontaktfreien Verschiebungsmeßinstrument gemessen.

Unter den obengenannten Bedingungen wurden die Werte der Abweichung der Welle in Abhängigkeit von c/h (c: radiales Spiel; h: Tiefe der Nut) aufgezeichnet, wobei die in Fig. 22 dargestellten Ergebnisse erzielt wurden. Aus Fig. 22 wird ersichtlich, daß, wenn c/h innerhalb des Bereiches von 0,5–4,0 liegt, die Abweichung der Welle nicht mehr als 5 µm beträgt; bei einem Wert von weniger als 0,5 oder mehr als 4,0 liegt die Abweichung der Welle nicht unter 5 µm. Um eine hohe Genauigkeit aufrechtzuerhalten, ist es deshalb zu bevorzugen, daß c/h im Bereich von 0,5–4,0 liegt. Darüber hinaus sollte die Größe c des Lagerspiels (radiales Spiel) so gewählt sein, daß, wenn der Radius der Welle R ist, der Wert c/R im Bereich von 1/2.000–1/400 liegt.

Ein in Fig. 23 dargestelltes hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager 1" besitzt ebenfalls mehrere Lageroberflächen; die Lageroberflächen unterscheiden sich jedoch in ihrer Form von denen des hydrodynamischen, porösen, ölprägnierten Lagers 1" gemäß Fig. 19.

Jede der Lageroberflächen 1b" des porösen, ölprägnierten Lagers 1" dieser Ausführungsform besitzt einen ersten Bereich m1, in dem eine Vielzahl von Nuten 1c1 zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich m2, der von dem ersten Bereich m1 axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten 1c2 zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich n, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 befindet. Die Rippen 1e1 des ersten Bereichs m1 und die Rippen 1e2 des zweiten Bereichs m2 gehen in den glatten Bereich n über. Tritt eine relative Rotation zwischen dem Lagerkörper 1a" und der Welle auf, so ziehen die Nuten 1c1 und 1c2 zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks, die in dem ersten und dem zweiten Bereich m1 und m2 jeweils umgekehrt und schräg angeordnet sind, Öl in den glatten

Bereich n, so daß sich das Öl in dem glatten Bereich n sammelt, wodurch der Ölfilmdruck in dem glatten Bereich n ansteigt. Da in dem glatten Bereich n keine Nuten ausgebildet sind, ist die Wirkung der Schmierfilmbildung in diesem Bereich groß; zusätzlich zu den Rippen 1e1 und 1e2 bietet der glatte Bereich n eine Tragfläche zum Tragen der Welle, so daß die Tragfläche insgesamt ebenso vergrößert wird wie die Stabilität des Lagers. Außerdem ist der axiale Abschnitt des Bereichs 1d" zwischen den Lageroberflächen 1b" durch eine axiale Gerade beschrieben, und die Grenzen zwischen dem Bereich 1d" und den Lageroberflächen 1b" bilden Niveauunterschiede 1h. Darüber hinaus kann der axiale Abschnitt des Bereichs 1b" durch eine Kombination aus zwei Geraden beschrieben sein, die in Bezug auf die axiale Richtung geneigt sind (V-Form).

Wie im Fall des in Fig. 19 dargestellten hydrodynamischen, porösen, ölprägnierten Lagers 1" ist der Innendurchmesser des Bereichs 1d" größer als der der Lageroberflächen 1b", und der Außendurchmesser der äußeren Bereiche 1f", der den Lageroberflächen 1b" entspricht, ist kleiner als der des äußeren Bereichs 1g", der dem Bereich 1d" entspricht.

Über die Befestigung durch Preßpassung in einem Gehäuse und die Drehgenauigkeit wurden Vergleichstests durchgeführt. Die Ergebnisse werden nachfolgend beschrieben.

#### 1) Vergleichstest über die Befestigung durch Preßpassung in einem Gehäuse

Vergleichsgegenstand: so konstruiert, daß er eine einzige Lageroberfläche besitzt, in der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind. Zwei Testlager wurden hergestellt, deren Innendurchmesser vor der Befestigung durch Preßpassung Ø3,006 war; diese wurden durch Preßpassung mit einer Überlappung von 18 µm in einem Gehäuse befestigt, wobei der Durchmesser des Korrekturstifts Ø3,000 mm war.

Gegenstand der Ausführungsform: so konstruiert, daß er zwei Lageroberflächen besitzt, wovon jede Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist. Das Testlager wurde unter den gleichen Bedingungen wie oben durch Preßpassung in einem Gehäuse befestigt.

Testergebnisse: Im Fall des Vergleichsgegenstands war ein Teil der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks der beiden Lager zusammengebrochen. Bei der Durchführung der Tests waren die Lager in Motoren eingebaut, und die Rotation war instabil, wodurch eine Abweichung der Welle u. a. erzeugt wurde, die schlimmer war als bei gewöhnlichen zylindrischen Lagern (Lagern, in deren Lageroberflächen keine Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks ausgebildet sind). Der Grund für das Zusammenbrechen eines Teils der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks scheint in der lokalen Verdickung von Material in den Test lagern zu liegen (gleichzusetzen mit Lagerprodukten); daher geht man davon aus, daß die von dem Korrekturstift ausgehende Kraft auf einen Teil der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks einen erheblichen Druck ausgeübt hat.

Im Gegensatz dazu wurde bei dem Gegenstand der Ausführungsform kein Phänomen teilweise zusammenbrechen der Nuten beobachtet, obwohl sich herausstellte, daß die Tiefe der Nuten insgesamt abgenommen hatte (von 4 µm auf 3,5 µm). Als das Lager in einen Motor eingebaut wurde und die Abweichung der Welle gemessen wurde, zeigte es eine ausgezeichnete Leistung; die Abweichung der Welle war bei 2.000 bis 15.000 U/min nicht größer als 2 µm.

## 2) Vergleichstests über die Drehgenauigkeit

Vergleichsgegenstand: so konstruiert, daß er zwei Lageroberflächen besitzt, von welchen keine Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist.

Gegenstand der Ausführungsform: so konstruiert, daß er zwei Lageroberflächen besitzt, wovon jede Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist (die Konstruktion gemäß Fig. 19).

Testergebnisse: Die Testergebnisse sind in Fig. 24 dargestellt. Wie in dieser Figur dargestellt, zeigte der Gegenstand der Ausführungsform im Vergleich zum Vergleichsgegenstand eine bessere Leistung (das Zeichen (■) bezeichnet gemessene Daten für den Gegenstand der Ausführungsform, und das Zeichen (●) gemessene Daten für den Vergleichsgegenstand).

Außerdem kann das hydrodynamische, poröse, ölprägnierte Lager mit mehreren Lageroberflächen durch das obengenannte Verfahren hergestellt werden, unter Verwendung eines stabförmigen Kerns oder eines Formgebungsstifts, in welchen Formgebungsmuster, die der Form der Lageroberflächen entsprechen, an einer Vielzahl von Stellen auf der äußeren Umfangsfläche ausgebildet sind.

## Patentansprüche

1. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager, mit einem porösen Lagerkörper, der an einer inneren Umfangsfläche eine Lageroberfläche aufweist, und Öl, das in Poren des Lagerkörpers durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett eingebracht wird, wobei die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich, der von dem ersten Bereich axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet.
2. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem der Lagerkörper aus einem Sintermetall besteht.
3. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 2, bei dem das Sintermetall Kupfer oder Eisen oder beides als Hauptbestandteil enthält.
4. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem der Prozentsatz der Fläche der Oberflächenöffnungen in dem glatten Bereich geringer ist als der des ersten und des zweiten Bereichs.
5. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem die axial gegenüberliegenden Seiten der Lageroberfläche kegelförmige Flächen sind, deren Innendurchmesser zu den Lagerenden hin zunimmt.
6. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem die innere Umfangsfläche des Lagerkörpers eine Vielzahl der Lageroberflächen aufweist, die axial voneinander beabstandet sind.
7. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks des ersten Bereichs und die Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks des zweiten Bereichs in Bezug auf die axiale Mitte der Lageroberfläche symmetrisch sind.

8. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 1, bei dem ein Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche mittels eines Formgebungsmusters, dessen Form der Lageroberfläche entspricht, gleichzeitig geformt werden.

9. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager, mit einem porösen Lagerkörper, der an einer inneren Umfangsfläche eine Vielzahl axial voneinander beabstandeter Lageroberflächen aufweist, wobei mindestens eine aus dieser Vielzahl von Lageroberflächen schräge Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks aufweist, und wobei der Innendurchmesser eines Bereichs zwischen den Lageroberflächen größer ist als der Innendurchmesser der Lageroberflächen, und mit Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in Poren des Lagerkörpers eingebracht wird.

10. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 9, bei dem der Lagerkörper aus einem Sintermetall besteht.

11. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 10, bei dem das Sintermetall Kupfer oder Eisen oder beides als Hauptbestandteil enthält.

12. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 9, bei dem die Grenzen zwischen den Lageroberflächen und dem Bereich zwischen den Lageroberflächen einen Niveauunterschied darstellen.

13. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 9, bei dem der axiale Abschnitt des Bereichs zwischen den Lageroberflächen mit einer Kurve gezeichnet wird, die in die Lageroberflächen übergeht.

14. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 13, bei dem die Kurve ein Bogen ist, der so ausgebildet ist, daß der Durchmesser in der axialen Mitte des Bereichs zwischen den Lageroberflächen am größten ist.

15. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 9, bei dem der Außendurchmesser eines äußeren Bereichs des Lagerkörpers, der mindestens einer der Lageroberflächen entspricht, kleiner ist als der Außendurchmesser eines äußeren Bereichs des Lagerkörpers, der dem Bereich zwischen den Lageroberflächen entspricht.

16. Hydrodynamisches, poröses, ölprägniertes Lager nach Anspruch 9, bei dem ein Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche gleichzeitig durch ein Formgebungsmuster geformt werden, welches eine der Lageroberfläche entsprechende Form hat.

17. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölprägnierten Lagers mit einem porösen Lagerkörper, der an der inneren Umfangsfläche eine Lageroberfläche aufweist, welche schräge Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks besitzt, und mit Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in Poren des Lagerkörpers eingebracht wird, bestehend aus folgenden Schritten:

Einsetzen eines Formgebungsmusters in eine innere Umfangsfläche eines zylindrischen, porösen Rohlings, wobei das Formgebungsmuster einen ersten Formbereich zum Formen eines Bereichs der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und einen zweiten Formbereich zum Formen des anderen Bereichs in der Lageroberfläche aufweist, Ausüben eines Kompaktierungsdrucks auf den porösen Rohling, um die innere Umfangsfläche des porösen Rohlings gegen das Form-

gebungsmuster zu drücken, wodurch gleichzeitig der Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche auf der inneren Umfangsfläche des porösen Rohlings geformt wird.

18. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 17, bei dem die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich, der von dem ersten Bereich axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet.

19. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 17, bei dem die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, sowie einen zweiten Bereich, der axial in den ersten Bereich übergeht und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind.

20. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 17, bei dem die poröse Rohling aus einem Sintermetall geformt wird.

21. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 20, bei dem das Sintermetall Kupfer oder Eisen oder beides als Hauptbestandteil enthält.

22. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 17, bei dem nach dem Formen der Lageroberfläche das Formgebungsmuster von der inneren Umfangsfläche des porösen Rohlings gelöst wird, wobei das Zurückfedern des porösen Rohlings aufgrund des Nachlassens des Kompaktierungsdrucks genützt wird.

23. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers mit einem porösen Lagerkörper, der an der inneren Umfangsfläche eine Lageroberfläche aufweist, welche schräge Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks besitzt, und mit Öl, das durch Imprägnieren mit Schmieröl oder Schmierfett in Poren des Lagerkörpers eingebracht wird, bestehend aus folgenden Schritten:

Anordnen des Formgebungsmusters in einer Preßform, wobei das Formgebungsmuster einen ersten Formbereich zum Formen eines Bereichs der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und einen zweiten Formbereich zum Formen des anderen Bereichs in der Lageroberfläche aufweist, Einfüllen von Pulvermetallmaterial zwischen das Formgebungsmuster und die Preßform, sowie Ausüben eines Kompaktierungsdrucks auf das Pulvermetallmaterial, um einen zylindrischen Preßkörper zu formen, während gleichzeitig ein Bereich der Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks und der andere Bereich in der Lageroberfläche auf einer inneren Umfangsfläche des Preßkörpers durch das Formgebungsmuster geformt werden.

24. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 23, bei dem die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, einen zweiten Bereich, der von dem ersten Bereich axial beabstandet ist und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind, sowie einen ringförmigen glatten Bereich, der sich zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich befindet.

25. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 23, bei dem die Lageroberfläche einen ersten Bereich besitzt, in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in eine Richtung geneigt sind, sowie einen zweiten Bereich, der axial in den ersten Bereich übergeht und in dem eine Vielzahl von Nuten zur Erzeugung hydrodynamischen Drucks entlang des Umfangs angeordnet sind, welche in Bezug auf die axiale Richtung in die andere Richtung geneigt sind.

26. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 23, bei dem das Pulvermetallmaterial Kupfer oder Eisen oder beides als Hauptbestandteil enthält.

27. Verfahren zur Herstellung eines hydrodynamischen, porösen, ölimprägnierten Lagers nach Anspruch 23, bei dem nach dem Formen des Preßkörpers und dessen Lageroberfläche das Formgebungsmuster von der inneren Umfangsfläche des Preßkörpers gelöst wird, wobei das Zurückfedern des Preßkörpers aufgrund des Nachlassens des Kompaktierungsdrucks genützt wird.

---

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

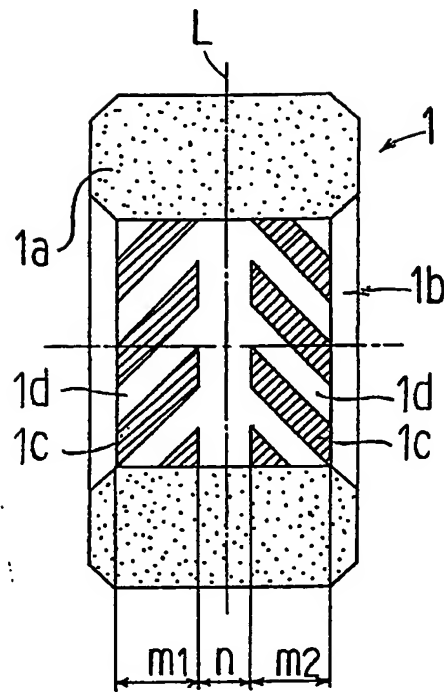


FIG. 2

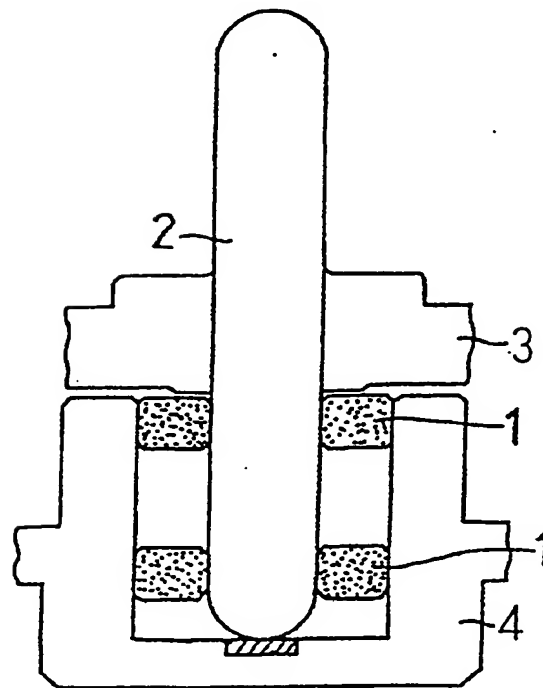




FIG. 3

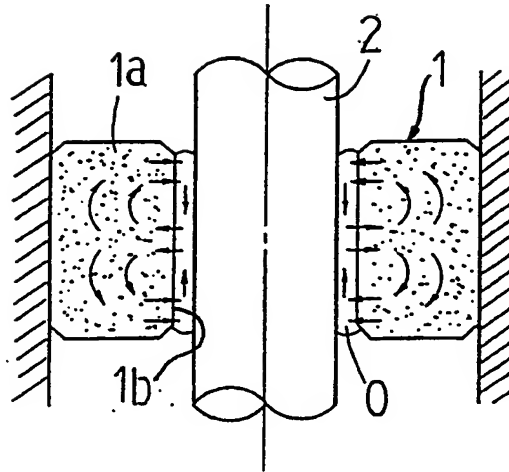


FIG. 4

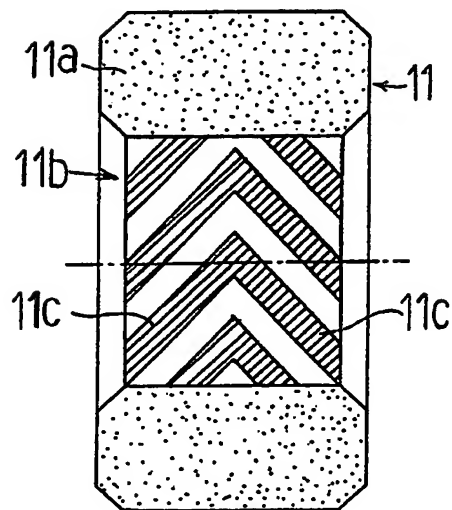


FIG. 5

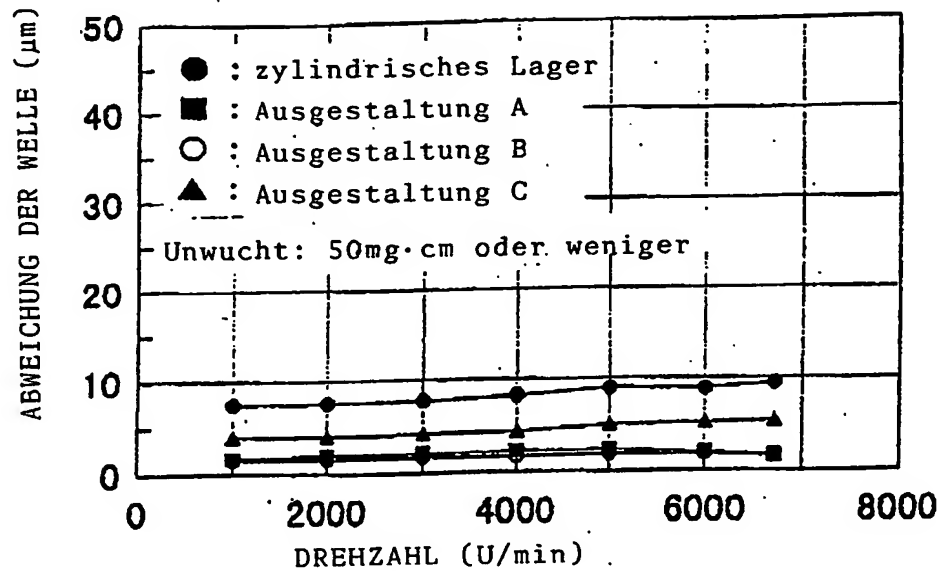


FIG. 6

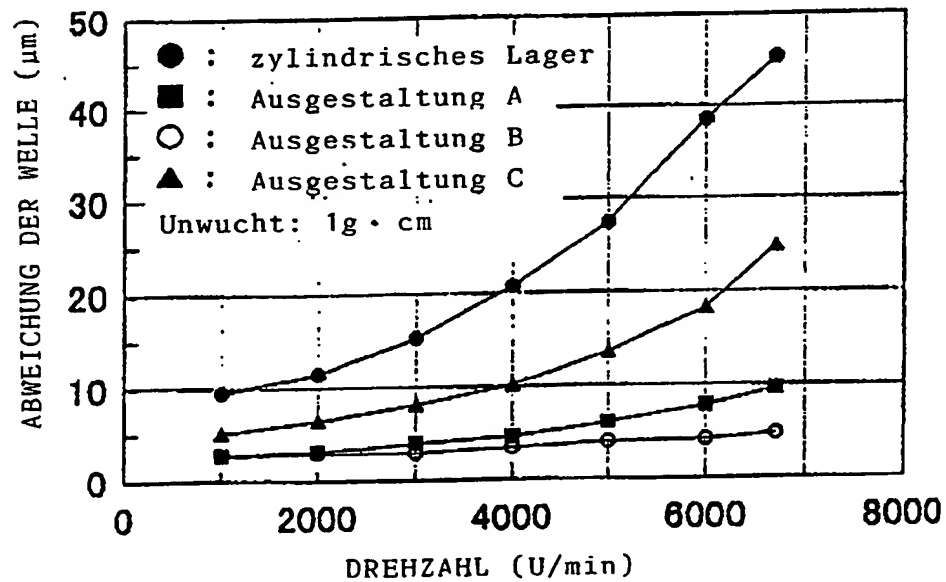


FIG. 7

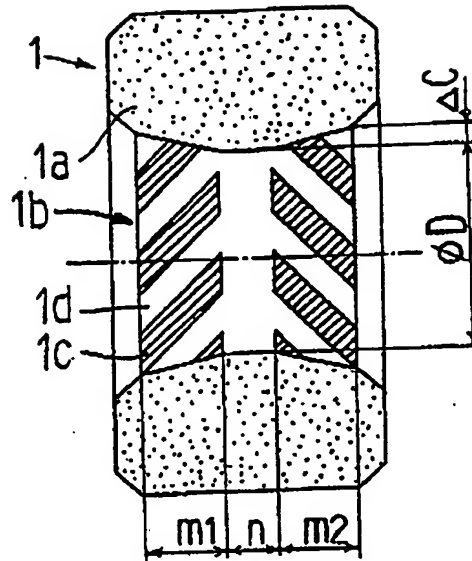


FIG. 8

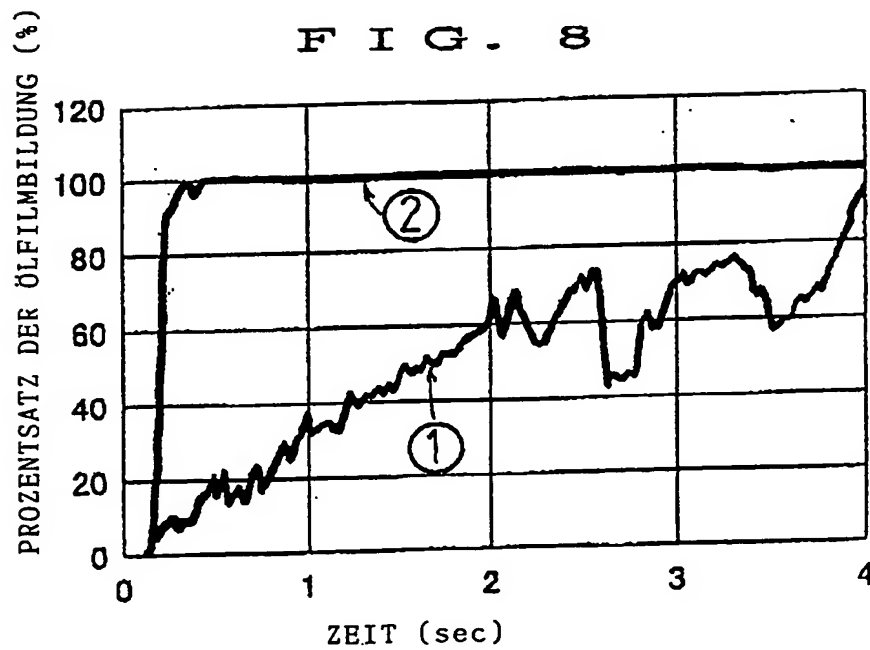


FIG. 9

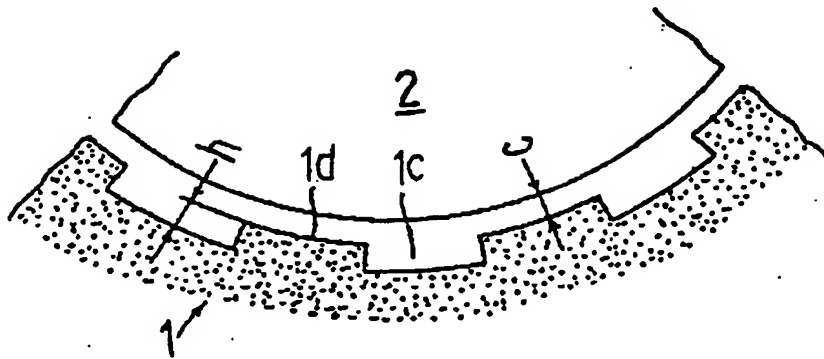


FIG. 10

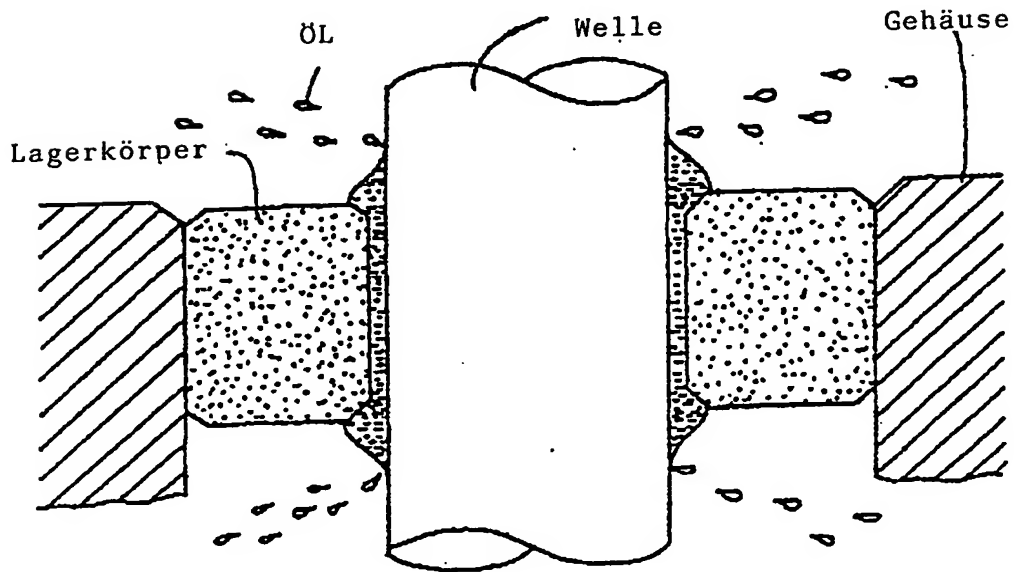


FIG. 1 1

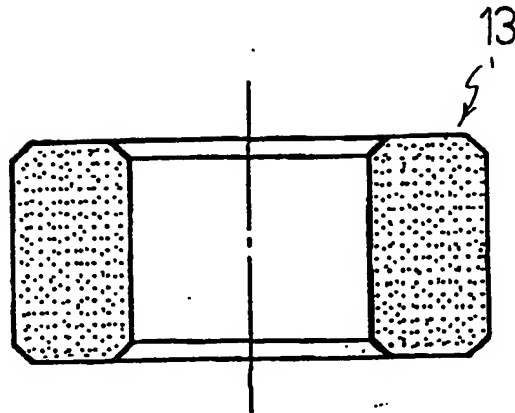


FIG. 1 4

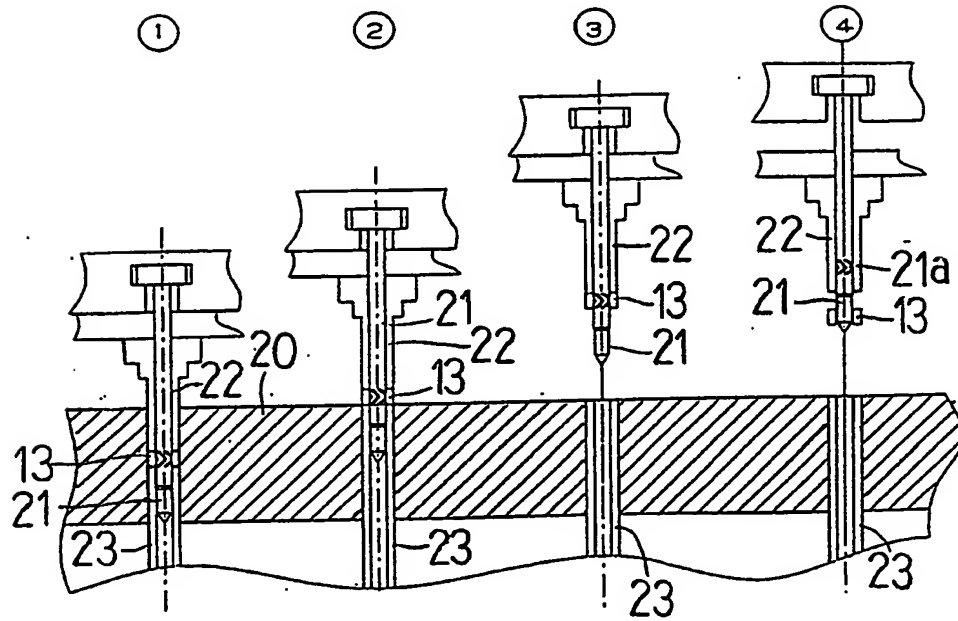


FIG. 12 A

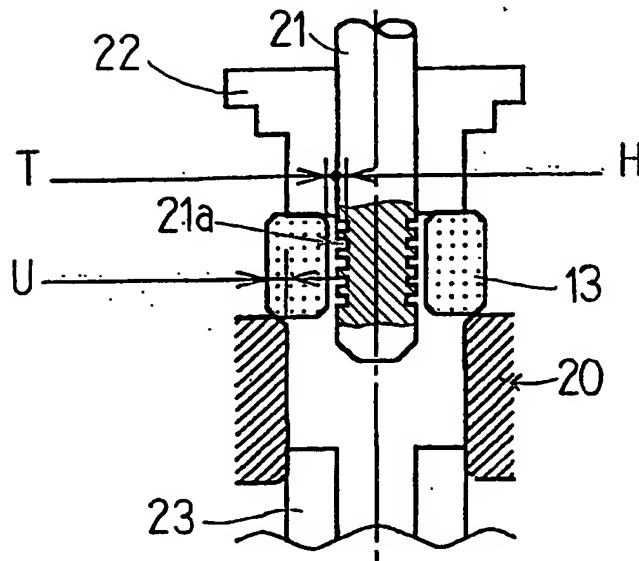


FIG. 12 B

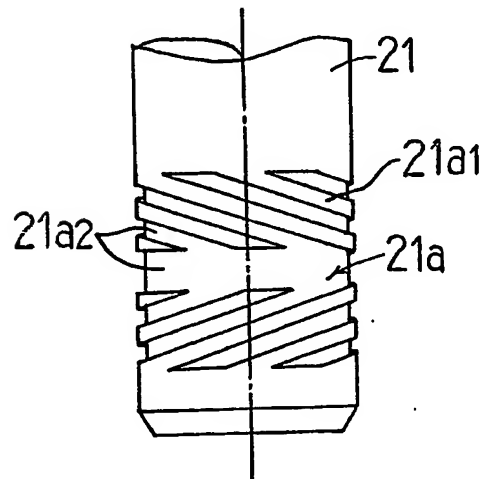




FIG. 13

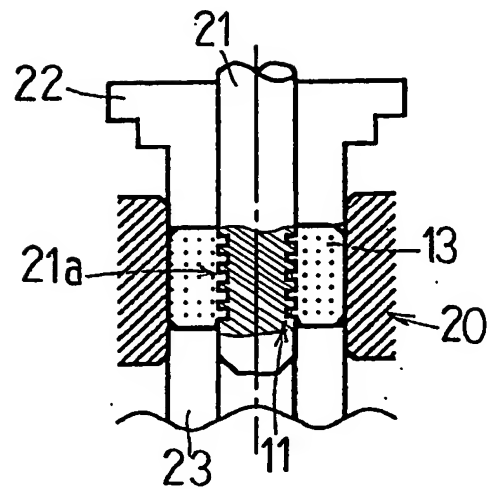


FIG. 15

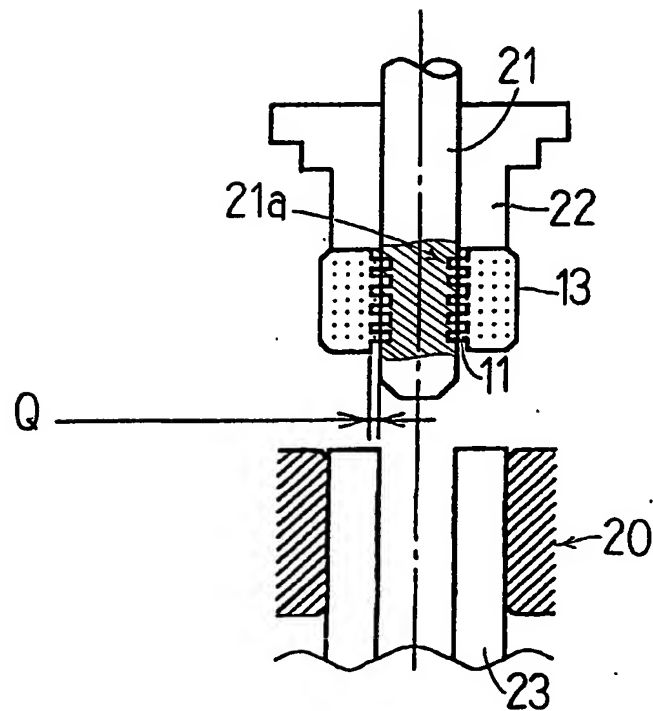


FIG. 16

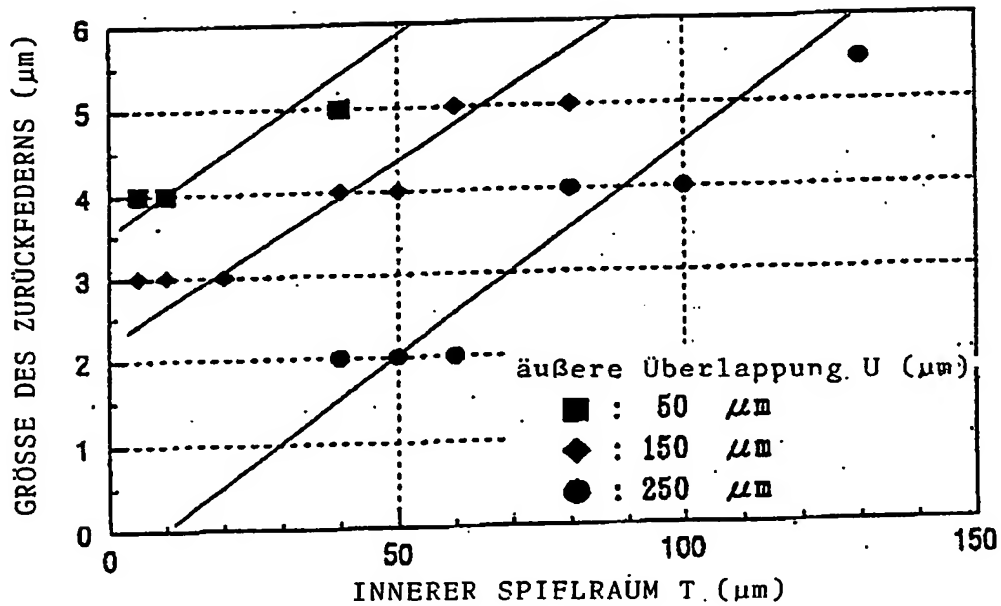


FIG. 17

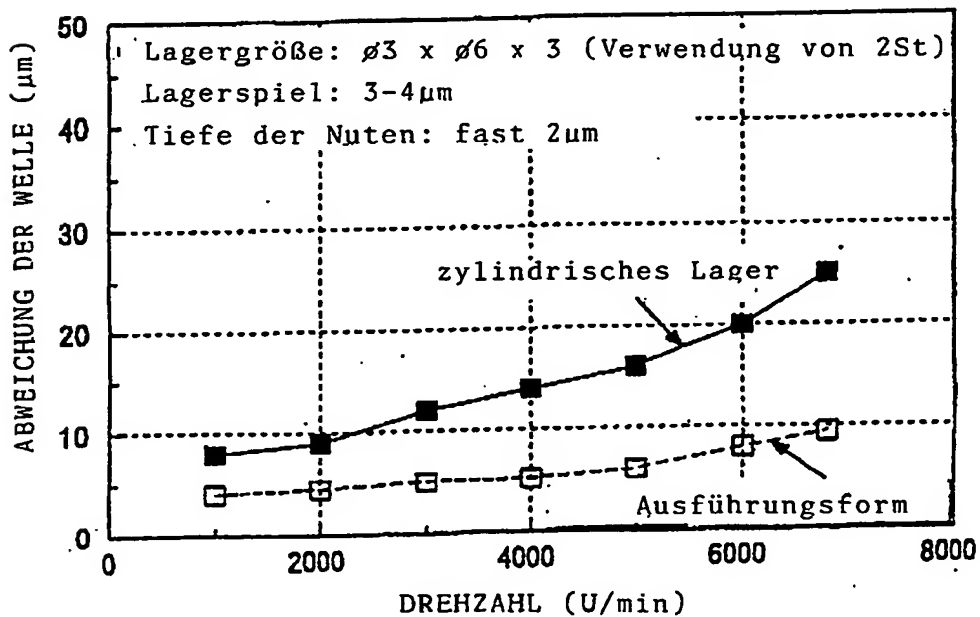


FIG. 18

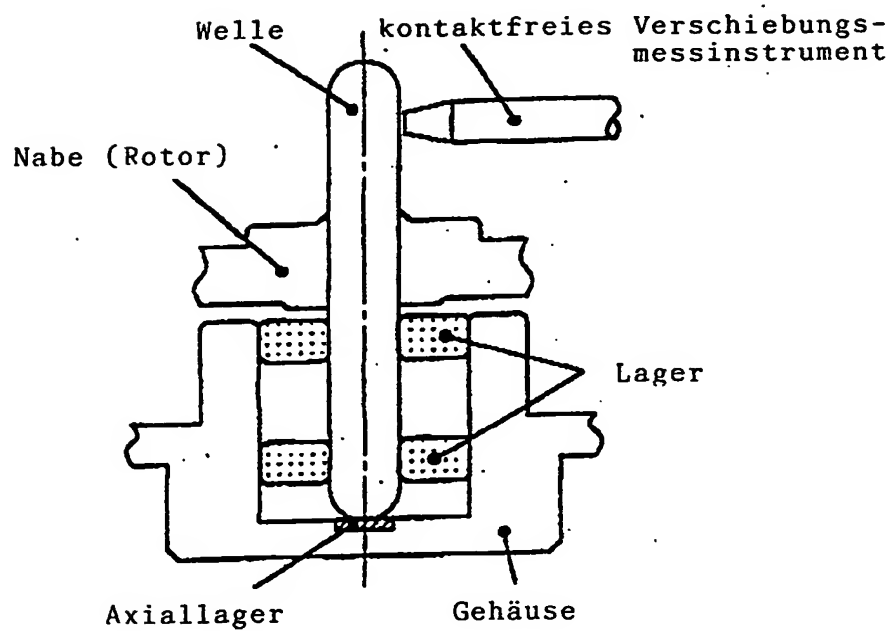


FIG. 19

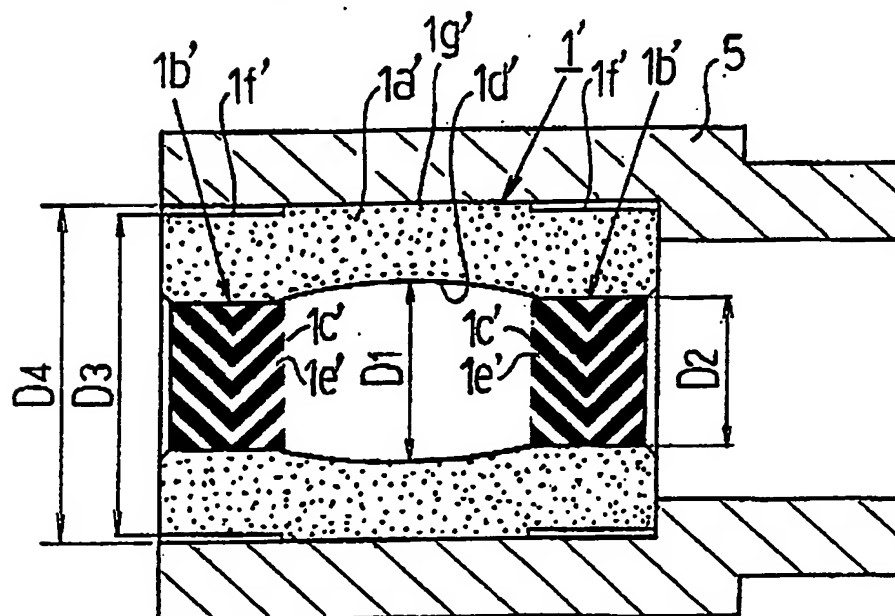


FIG. 20

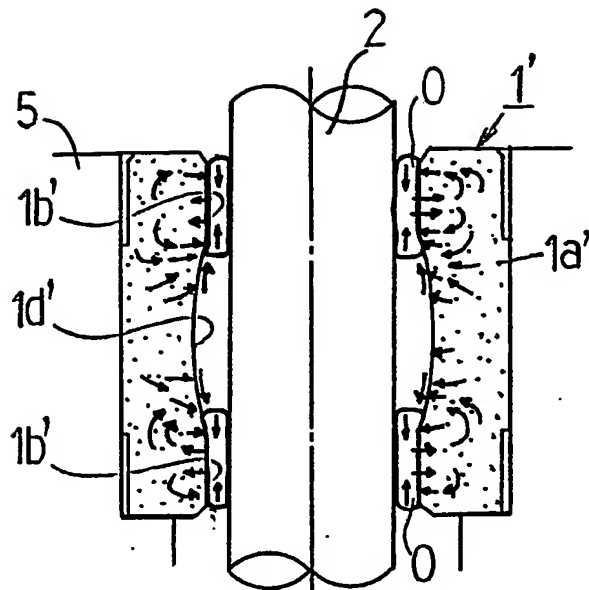


FIG. 23

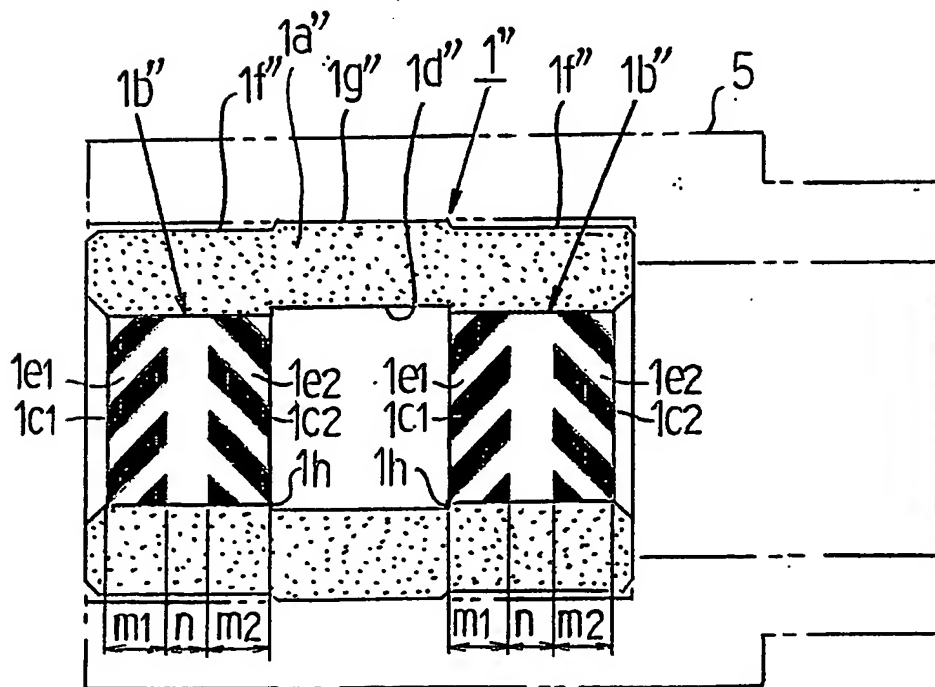


FIG. 21

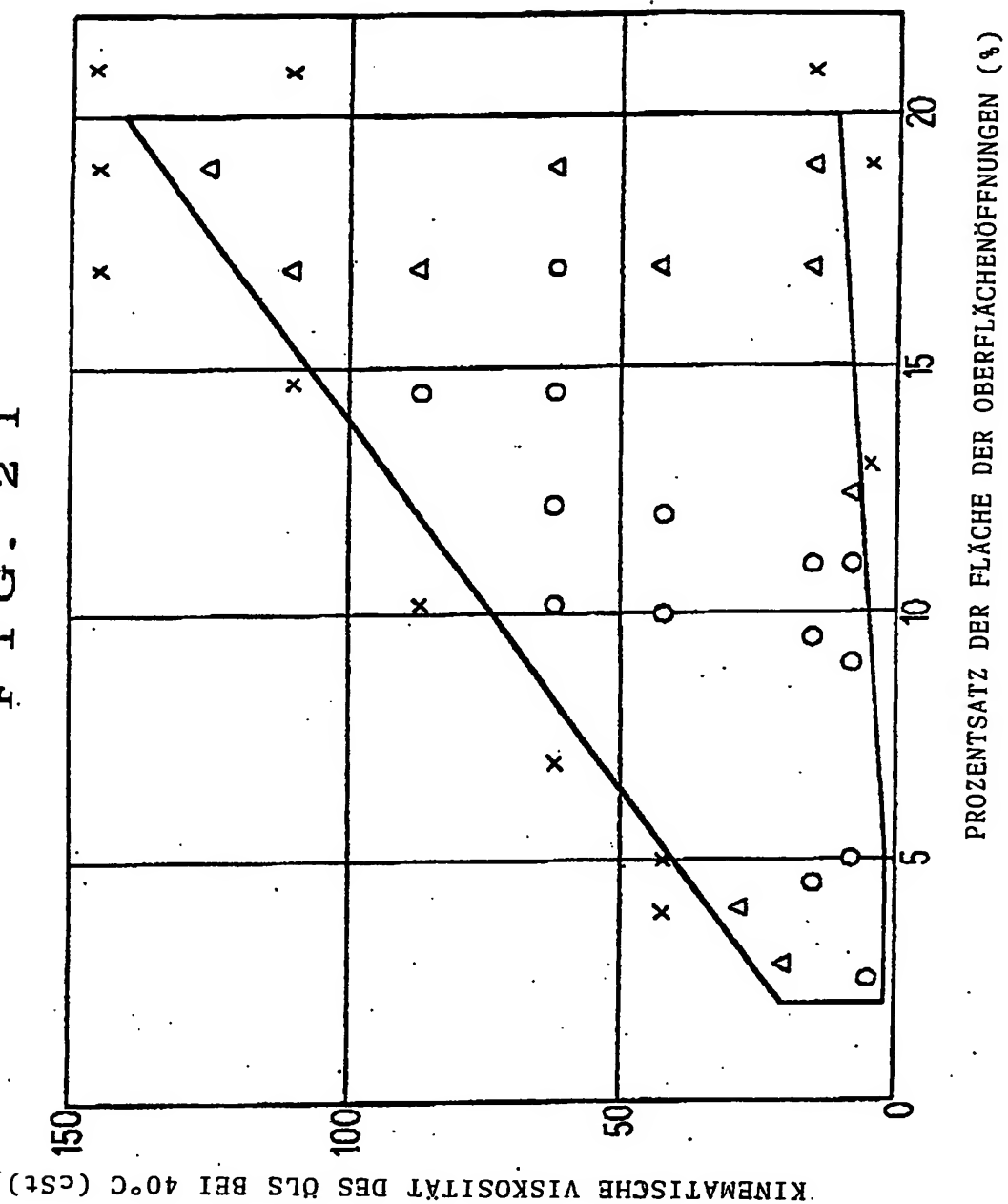


FIG. 22

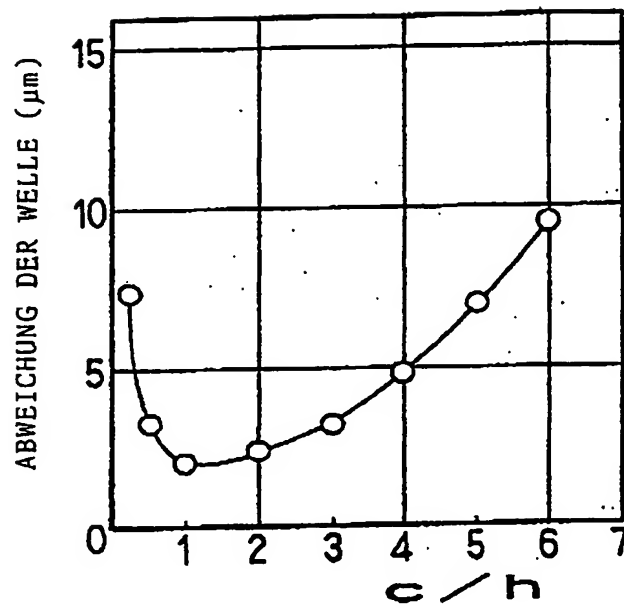
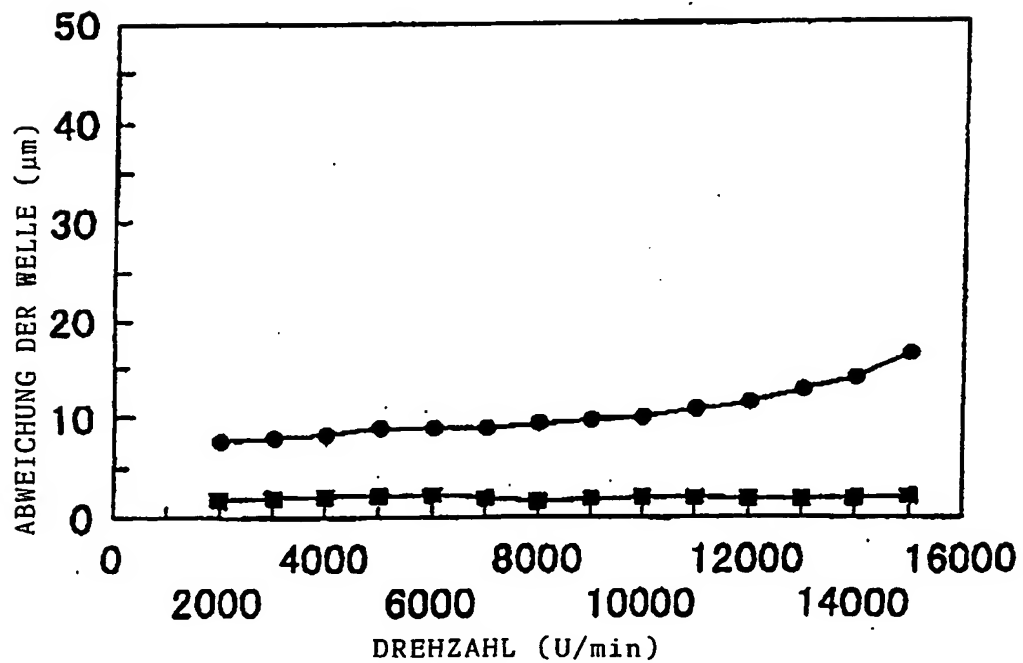


FIG. 24





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**